This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

600044750Q

13.186. a.

PRESENTED

BY

The Royal Society of London

TO

The Radcliffe Library.

1994 e 162

NOMÈNES

UNIQUE.

la portée du
oderne présente
nie, la Chimie,

D'ANGOULÊME;

R.

FIGURES.)

duisent à l'erreur; beaucoup
à la vérité. »
nd-Maître de l'Université.

RADCLIFFE LIBRARY
UNIVERSITY
12 MAR 88
MUSEUM
OXFORD

SYSTÈME UNIVERSEL,

OU

DE L'UNIVERS ET DE SES PHÉNOMÈNES

CONSIDÉRÉS COMME LES EFFETS D'UNE CAUSE UNIQUE.

Ouvrage dans lequel on a recueilli et mis à la portée du commun des lecteurs ce que la science moderne présente de plus curieux sur la Physique, l'Astronomie, la Chimie, la Géologie, etc.

DÉDIÉ A S. A. R. MONSEIGNEUR, DUC D'ANGOULÊME;

PAR M. THILORIER.

(QUATRE VOLUMES IN-8.° AVEC FIGURES.)

PRIX : 25 FR.

« Peu de lumières conduisent à l'erreur; beaucoup de lumières conduisent à la vérité. »
Réponse du Roi au Grand-Maître de l'Université.

TOME III.

A PARIS, chez les Libraires, et chez l'Auteur, rue des Capucines, n.° 7.

1815.

Soc. Reg. Lond.

BODLEIAN
30 JUL 1937
LIBRARY

SYSTÈME UNIVERSEL,

OU

DE L'UNIVERS ET DE SES PHÉNOMÈNES

CONSIDÉRÉS COMME LES EFFETS D'UNE CAUSE UNIQUE.

De la conversion des eaux diluviennes en eaux salées, (1) et des propriétés singulières de l'eau de la mer.

229. Le sel que les eaux de la mer contiennent en dissolution, augmente leur masse et, par suite, la puissance du choc imprimé par les vagues; les vaisseaux, à égalité de charge, s'y enfoncent à une moindre profondeur que dans les fleuves.

Toutes les eaux de la mer sont salées; mais elles le sont inégalement.

On a voulu expliquer la cause de la salure de la mer. Trois hypothèses ont été proposées :

Les uns ont dit que Dieu, en créant la mer, l'avait créée salée; genre d'explication qui n'explique rien, par cela même qu'il explique tout.

(1) voyez tome 4 p. 405 et 415

D'autres ont présumé que la mer était salée, parce qu'il y avait au fond de la mer, un très-grand nombre de mines de sel. Mais le sel n'est ni un métal, ni un corps simple : c'est un mixte, composé de sodium qui, après avoir été faiblement brûlé, s'est combiné avec de l'acide muriatique, c'est-à-dire, avec un corps qui est résulté d'une combinaison de l'oxigène avec un corps combustible dont les chimistes ne connaissent pas encore la nature.

Lorsque la terre, liquéfiée par le feu, a été suffisamment refroidie, ses matières volatilisées se sont régénérées et ont retombé sur sa surface. On conçoit qu'à cette époque, il a pu y avoir des pluies de silice, d'alumine, de chaux, de fer, d'or, etc. La soude a dû alors tomber sur la terre ; mais elle n'a pu se combiner, dans l'atmosphère, avec le principe qui l'a convertie en muriate; et une pluie de sel marin me paraît un phénomène impossible.

Dans les invasions plus ou moins fréquentes de l'Océan sur les continens, il y a trouvé de la soude native ou combinée, et il a dû dissoudre toute celle qui était soluble par l'eau.

La potasse, si ressemblante à la soude par sa forme extérieure et par ses propriétés, n'a été dissoute qu'en très-petite quantité, parce que sa combinaison avec les végétaux terrestres l'a soustraite à la puissance dissolvante de l'eau.

La soude, que les végétaux de la terre avaient dédaignée, est devenue, par cette raison même, l'un des principes constituans des végétaux de la mer.

Mais la soude que l'on retire des végétaux marins n'est point combinée avec l'acide muriatique, et, semblable encore en ce point à la potasse, l'incinération

nous la présente comme elle à l'état de carbonate.

S'il y a de la soude carbonatée dissoute dans les eaux de la mer, la quantité en est peu considérable, puisque les évaporations naturelles ou artificielles ne l'ont jamais manifestée.

Il en résulte qu'il serait de toute invraisemblance de supposer des mines de soude carbonatée au fond de la mer; et à plus forte raison, est-il invraisemblable d'y supposer des mines de muriate de soude, substance dont rien ne peut faire soupçonner la formation primitive et qui d'ailleurs n'aurait pu se régénérer dans l'eau de mer, parce que l'eau de mer ne contient pas, à beaucoup près, la quantité de sel qu'elle pourrait dissoudre.

Des mines de sel préexistantes au fond de l'Océan, seraient un effet sans cause, à moins toutefois qu'elles n'eussent été produites par l'évaporation d'un ancien Océan qui lui-même aurait été salé par son prédécesseur, et ainsi de suite, jusqu'à l'infini.

Un système beaucoup plus vraisemblable est celui des physiciens qui supposent que les vapeurs qui forment les neiges et les pluies et par suite les sources des ruisseaux, sont parfaitement douces, mais qu'à mesure que les sources grossissent, se multiplient, et deviennent des rivières, elles dissolvent du sel marin disséminé parmi les molécules de la terre. On conçoit en effet alors que les fleuves, portant perpétuellement à la mer une certaine quantité de sel qui n'en sort jamais, auraient pu être la seule cause de la salure de la mer.

J'admets volontiers cette hypothèse; mais je demande à ces physiciens, de vouloir bien m'expliquer pourquoi le

muriate de soude se trouve au nombre des matières hétérogènes qui composent la croûte de la terre.

Cette substance ne s'est certainement pas formée dans les lieux où elle se trouve ; et, puisqu'il est reconnu que l'eau de pluie n'en contient point, l'existence actuelle de ce corps mixte dont on ne voit point augmenter la quantité, serait un effet sans cause, s'il n'était pas le résultat de l'évaporation de l'eau salée qui a autrefois imbibé la terre.

Les eaux diluviennes se composaient de l'ancienne mer qui devait être très-salée, et de la prodigieuse quantité d'eau douce que les cataractes du ciel avaient versée.

A l'époque de leur plus grande élévation, les eaux diluviennes ne devaient être que faiblement salées ; mais elles durent trouver dans les couches profondes de la croûte terrestre, une grande quantité de sel que les mers pré-diluviennes y avaient déposée. Ce sel, dont l'Océan diluvien s'est enrichi, joint à une autre cause de salure dont je parlerai bientôt, gradua suffisamment les eaux, pour qu'elles pussent, au bout de quelques années, donner naissance à des insectes et autres animaux qui ne vivent que dans l'eau salée.

A mesure que l'Océan diluvien se retira, le soleil évapora l'eau qui imbibait les terres ; les cristaux de sel se formèrent ; les pluies divisèrent ces cristaux et les entraînèrent à des profondeurs plus ou moins grandes, et il en est résulté que la croûte de la terre a eu alors un certain degré de salure que la lixiviation continuelle a diminué.

230. Les grandes mines de sel gemme sont des dépôts accidentels dus également à l'Océan diluvien, ou à une autre cause que j'indiquerai.

On conçoit en effet que, s'il s'est trouvé un lac salé, séparé de la mer par de larges digues, et sans aucune communication avec les eaux douces, ou n'en recevant qu'une quantité insuffisante à raison de l'étendue de sa surface, ce lac aura dû être soumis, pendant plusieurs siècles, à l'effet naturel de l'évaporation, et que dès lors, après son évaporation totale, il a dû se trouver une masse de sel au fond de son bassin.

On a donc eu raison de dire que l'écoulement des fleuves ajoutait continuellement un nouveau degré de salure à la mer; mais on aurait dû remonter à une époque plus reculée, et reconnaître que, si la terre salait aujourd'hui la mer, c'est qu'autrefois la mer avait salé la terre.

On aurait dû d'ailleurs considérer que les fleuves ne sont point la cause de la mer, mais qu'ils en sont l'effet, et que dès lors, si la mer a existé avant les fleuves, ses eaux devaient être parfaitement douces avant que les fleuves ne commençassent la longue opération de la lixiviation des terres; et il devient très-difficile, dans ce cas, de concilier la salure lente de la mer, avec la préexistence de certaines plantes et de certains animaux qui ne peuvent vivre que dans l'eau salée.

231. L'eau de la mer n'est pas seulement distinguée par le *sel* qu'elle contient en dissolution. Sa saveur est *amère* et *nauséabonde*. Elle a une *viscosité* qui lui est particulière; car dans tous les climats, les rivages de la mer sont glissans, et, dans certains parages, sa surface paraît quelquefois couverte d'*huile*. L'eau de la mer contient, en outre, un principe *acide* et des mêmes *lumineux*.

Toutes ces différentes propriétés de l'eau de la mer,

dont jusqu'à ce moment la cause a été inconnue, sont les effets naturels du grand travail à l'aide duquel la nature élabore la plus précieuse de toutes les matières. Ce n'est ni aux perles, ni à l'or, ni au diamant, c'est à la *vase* que je donne ce nom : elle fut le berceau du genre humain, elle en est la nourrice, et lorsque sa propriété fécondante sera tout-à-fait épuisée, les vases nouvelles qui se forment au fond de l'Océan, enrichiront les cultivateurs des siècles à venir.

Hales attribuait l'amertume et l'onctuosité des eaux de l'Océan à des sources d'huile de pétrole, dont quelques-unes s'écoulent en effet dans la mer.

Le comte Marsigli en trouvait la cause dans des couches de bitume, formant la continuation des veines de charbon de terre et de jais.

Mais l'opinion de ces deux physiciens était insoutenable ; car il n'est pas raisonnable de faire dépendre un effet général et constant d'une cause accidentelle et locale.

Deslandes a beaucoup plus approché de la vérité, lorsqu'il a dit que l'onctuosité amère de l'eau de l'Océan provenait d'une infinité de matières *pourries*.

Quelques physiciens avaient attribué les points lumineux qui se manifestent dans de l'eau de mer agitée, à une espèce particulière d'insectes; ils avaient même pris la peine de les faire graver, lorsque d'autres physiciens ont soutenu que ces insectes étaient imaginaires. Je pense que dans cette querelle les deux partis avaient un tort égal.

La découverte de quelques insectes luisans ne prouvait pas que ces insectes fussent la cause d'un phénomène général ; et l'expérience qui prouvait que les points étince-

lans de la mer n'étaient pas des insectes, ne prouvait pas l'impossibilité de l'existence des insectes phosphorescens.

Le second voyage de Cook contient, à cet égard, des détails curieux.

« J'ai lieu de douter, dit-il, si toutes les mers sont lumineuses par la même cause. La lumière ne s'étend guère à une grande distance du vaisseau. La partie qui est près du bâtiment paraît seule lumineuse ; la lumière ne se communique qu'au sommet des vagues voisines qui s'en détachent obliquement; et cela arrive, pour l'ordinaire, dans un vent frais.

« J'ai observé une autre espèce de lumière phosphorique dans un long calme, ou dans les momens qui suivent immédiatement un long calme après un temps chaud; elle s'étendait plus au loin que la première, et même elle se mêlait avec la masse des flots. En mettant de cette eau dans un tube, elle devenait *sombre* quand elle n'était plus en mouvement; mais dès qu'on l'agitait violemment, elle redevenait *lumineuse* à l'endroit où le mouvement était produit; elle semblait *s'attacher* un moment au doigt ou à la main qui remuait l'eau; mais elle disparaissait aussitôt.

« La troisième espèce de lumière phosphorique est sans doute causée par des mollusques, dont toute la figure peut s'apercevoir dans l'eau, parce qu'elles sont lumineuses. J'ai remarqué (rarement, à la vérité) que les poissons et les coquillages produisent les mêmes effets, et il peut y avoir des chevrettes et d'autres insectes phosphorescens, quoique je n'en aie jamais vu.

» Mais le phénomène le plus singulier et le plus étonnant de ce genre frappa nos regards, dans la nuit du 29 au 30 octobre 1773, lorsque nous étions à la hauteur du Cap-

de-Bonne-Espérance, à la distance de quelques milles de la côte et par un vent frais. Dès le commencement de la nuit, la mer parut tout en feu ; chaque vague qui se brisait, avait une cime lumineuse ; partout où les côtés du vaisseau touchaient les vagues, on apercevait une ligne de lumière phosphorique. L'œil découvrait de toutes parts cette lumière sur l'océan ; le fond lui-même des lames les plus épaisses, semblait imprégné de cette qualité brillante ; nous voyions de grands corps éclairés se mouvoir ; quelques-uns marchaient le long du vaisseau ; d'autres s'en écartaient avec une vitesse presque égale à celle d'un éclair. La forme de ces corps annonçait que c'étaient des poissons ; et lorsqu'un petit se trouvait à côté d'un plus gros, il s'enfuyait promptement pour échapper au danger. Je tirai un seau de cette eau lumineuse, afin de l'examiner. J'y remarquai un nombre infini de petits corps lumineux, *ronds*, qui s'agitaient avec une vivacité surprenante; et après que cette eau se fut reposée un peu de temps, la quantité des petits objets paraissait diminuer. Mais, en remuant l'eau de rechef, nous observâmes qu'elle redevenait entièrement lumineuse, et les petites étincelles se remuèrent de nouveau avec agilité et en différentes directions. Quoique le seau qui contenait l'eau, fût suspendu, afin d'être moins affecté du roulis du bâtiment, on y apercevait toujours des corps étincelans qui se remuaient; de sorte que je me persuadai d'abord que ces atomes avaient un mouvement volontaire, absolument indépendant de l'agitation de l'eau ou du vaisseau. Mais dès qu'à l'aide d'un bâton ou du doigt, on *remuait l'eau*, on remarquait bientôt que *la lumière s'accroissait*. Souvent, en troublant l'eau, l'une de ces étincelles phosphoriques *s'at-*

tachait à la main ou *au doigt*. Elles étaient à peine de la grosseur de la plus petite tête d'épingle. En observant ces atomes au microscope, nous les jugeâmes *globulaires, gélatineux*, *transparens* et un peu *brunâtres*. J'en observai un plus particulièrement, et je vis d'abord une *espèce de tube mince qui entrait dans la substance de ce globe*, par un *orifice* qui se trouvait à *sa surface; l'intérieur* était rempli de *quatre* ou *cinq sacs oblongs*, *joints au tube* dont on vient de parler. Je voulais examiner un des *animalcules* dans l'eau et ensuite le placer sous le microscope; mais je n'en pus prendre aucun *en vie* : *ils mouraient avant que je pusse les séparer du doigt*.

» Le 22 novembre de la même année, la mer était encore *lumineuse de la même manière*, par un vent très-fort, etc. »

L'océan parsemé de myriades d'animalcules doués de la vie, du mouvement et de la faculté de briller dans les ténèbres ou de reprendre leur opacité naturelle, excite avec raison l'admiration du célèbre navigateur; mais il n'était pas certain lui-même de l'existence des animacules qu'il admirait, car il admettait trois espèces distinctes de lumière maritime.

La première, qu'il attribuait à l'*électricité* produite sur l'eau par le mouvement qu'un vent violent imprime au vaisseau. Cette électricité résulte, selon lui, de ce que l'eau qu'agite un vent frais est plus chaude que l'air ». Les substances bitumineuses qui couvrent les côtés du vaisseau, les clous attachés à la cale et l'eau qui sert de conducteur expliquent, dit-il, ces effets électriques. »

La seconde espèce de lumière électrique phospho-

La principale, la plus universellement répandue et la plus abondante des substances végétales maritimes, est le *varech*. Cette plante que la mer, en se retirant, laisse sur les rivages, où elle forme un sillon indicateur de la hauteur du flux, acquiert toute sa croissance en peu de temps. Elle est très-peu adhérente au rocher sur lequel sa racine est implantée. Pour peu que la mer soit agitée, elle arrache avec facilité le varech qui ne se trouve pas à une assez grande profondeur ; quelquefois elle en paraît couverte, et les navigateurs en ont rencontré des bancs flottans à plus de cent lieues du rivage.

Lorsque le varech a subi un degré de putréfaction suffisant pour crever les vésicules aériennes dont ses feuilles sont garnies, il cesse de flotter, et c'est au fond de l'océan que sa putréfaction s'achève avec celle des cadavres et des débris de toute espèce qui y sont accumulés depuis quarante siècles.

Tout le monde sait que l'on retire de la soude, c'est-à-dire, du carbonate de soude, des cendres du vareck et d'autres plantes marines ; et comme la soude est la base du sel marin, il ne s'agit plus que d'examiner s'il ne serait pas possible que le principe qui s'unit à la soude, pour former le sel marin, se dégageât lui-même de la masse limoneuse et putréfiée qui forme le fond de l'océan.

Or, la chose non-seulement est possible, mais elle est vraisemblable à un tel point, qu'il serait déraisonnable de penser que ce principe pût avoir une autre origine.

Il doit être très-abondant, car il est destiné à neutraliser une très-grande quantité de soude.

D'après cette destination et l'importance extrême du

nouveau corps que la combinaison des deux principes doit former, la nature a dû les placer à une proximité convenable à la facilité de leur combinaison. Il est donc plus que probable que les plantes qui contiennent la soude, contiennent aussi le principe qui doit se combiner avec elle.

La nouvelle substance qui a été trouvée dans les eaux-mères de la soude retirée du varech, l'*iode*, pourrait bien n'être pas un corps simple; et dans ce cas, il serait problable qu'elle aurait pour un de ses élémens la base de l'acide muriatique.

Mais quelle que puisse être cette base acidifiable, il y a lieu de présumer qu'elle s'empare de la totalité de la soude qui se dégage des plantes marines par la putréfaction.

Ce qui me porte à le croire, c'est qu'on ignore absolument ce que devient l'immense quantité de soude que doit produire la décomposition des plantes marines. Bien certainement, si elle ne se convertissait pas en muriate, elle se combinerait avec l'acide carbonique, et on la trouverait en abondance, sous la forme de carbonate, dans les alluvions qui, pendant un grand nombre de siècles, ont été le lit de l'océan; et pour peu qu'il y en eût dans la terre des marais desséchés, cette terre se lessiverait naturellement, et on trouverait la soude carbonatée au fond des canaux de desséchement, à la fin de l'été, époque à laquelle la plupart de ces canaux sont à sec. Or, il ne s'en trouve pas; car s'il s'en était trouvé, cette matière si précieuse dans le commerce, et qui, pendant la dernière guerre, avait acquis une très-grande valeur, eût été recueillie; et je crois pouvoir tirer de

cette mer, et que son écoulement dans la mer de Marmara ne soit pas, à beaucoup près, proportionnel à l'eau qu'elle reçoit de ses fleuves.

Popwits a attribué à l'océan le pouvoir de saler les mers intérieures, et son système, à cet égard, est fondé sur un phénomène qui lui-même a besoin d'explication.

On a remarqué que, dans les détroits qui ont un courant rapide, tels que ceux de Gibraltar, du Sund et des Dardanelles, il existait toujours deux courans opposés; savoir : un courant de superficie qui verse les eaux de la mer intérieure, et un courant de fond qui est dirigé en sens contraire.

L'historien Procope est le premier qui se soit aperçu du double courant des Dardanelles; ses observations ont été vérifiées par le Comte de Marsigli; et il me paraît hors de doute que le phénomène est général.

Popwits en a conclu que l'océan entrait dans la méditerranée par le courant de fond du détroit de Gibraltar, et que la méditerranée salée par l'océan, salait à son tour la mer de Marmara qui salait la mer Noire.

Mais il est aisé de prouver par le raisonnement et par l'expérience, que la cause à laquelle Popwits attribue la salure des méditerrannées, n'est nullement proportionnelle à l'effet qu'il lui attribue.

Le courant inférieur des détroits n'est autre chose qu'un remous occasionné par la rapidité du courant qui verse dans les mers inférieures le trop-plein des mers supérieures.

Toutes les fois qu'un courant rapide est lancé à travers une masse d'eau immobile, il y éprouve une résistance qui le force à diverger, et l'effet nécessaire de toute di-

vergence continuée est de produire une gerbe dont les épis se courbent en sens contraire.

Le courant rapide d'un détroit doit donc produire deux contre-courans latéraux ; et ces deux contre-courans doivent rentrer dans l'embouchure du détroit, en remontant le long des deux rivages.

Mais comme l'embouchure présente toujours un entonnoir, les deux contre-courans, en suivant la direction des deux rivages, sont ramenés vers le courant principal. L'obstacle qu'ils éprouvent alors retarde leurs eaux et les force à s'élever ; et comme ils éprouvent moins de résistance de la part de l'eau inférieure, dont le frottement sur le fond rallentit la vitesse, que de la part de l'eau supérieure, ils triomphent de la plus petite de ces deux résistances, arrêtent tout-à-fait l'écoulement de l'eau inférieure, et l'obligent de rétrograder.

La puissance des contre-courans, à cet égard, est encore augmentée par la surélévation du niveau de la mer inférieure ; surélévation qui est l'effet nécessaire du mouvement imprimé à la masse de l'eau dormante, auquel il est plus facile à cette eau d'obéir en s'élevant au-dessus de son niveau qu'en rétrogradant.

Le contre-courant des détroits est donc le résultat combiné des lois du mouvement, de la loi de la gravitation et de la loi de la moindre résistance.

Mais le courant inférieur se trouve dans un état de violence qui doit cesser en même-temps que la cause qui le produit ; et, aussitôt que l'élargissement du détroit le lui permettra, il devra lui-même devenir un courant divergent, communiquer son mouvement à l'eau qui l'envi-

ronnera, surélever son niveau, se confondre avec elle, et retomber dans le détroit.

Si la chose n'était pas ainsi, et que le courant inférieur continuât sa marche dans le prolongement de la mer supérieure, cet effet serait sensible dans l'intérieur de cette mer, et il le serait du moins dans le voisinage du détroit; mais il n'a jamais été observé; et si l'on s'éloigne d'un quart de lieue de l'ouverture du détroit, on n'y trouve pas la plus légère trace du courant inférieur.

Il y a plus de 800 lieues de distance du détroit de Gibraltar à l'extrémité de la Méditerranée. Si la salure de cette mer était due à l'océan; elle devrait être plus salée dans le voisinage du détroit que sur les côtes de l'Asie. Or, il est prouvé par l'observation, qu'il n'existe à cet égard aucune différence sensible.

234. La mer Noire qui ne reçoit que de l'eau douce en compensation de l'eau salée qu'elle verse dans la mer de Marmara, doit conserver son degré de salure, par la raison même que l'eau qu'elle verse ne forme qu'une petite partie de l'eau qu'elle reçoit; car il en résulte qu'elle doit conserver le sel lixiviel de toute la partie de l'eau de ses fleuves qui est évaporée, et cette mer doit, en outre, comme toutes les méditerranées et tous les océans, s'enrichir continuellement du sel produit par la putréfaction des débris de végétaux et d'animaux qu'elle recèle dans ses profondeurs.

235. S'il est vrai, comme je crois l'avoir démontré, que la terre a été liquéfiée par le feu, et que ce n'est qu'après son refroidissement que l'eau devenue liquide

a pu séjourner sur la surface du noyau, le premier océan qui s'est formé a dû être composé d'eaux douces; ces eaux ont fait naître des plantes et des animaux auxquels les eaux douces conviennent; ils se sont multipliés, et ont formé au fond des océans primitifs des amas que la décomposition putride a convertis en vase. Mais cette décomposition n'a pu avoir lieu sans que les eaux changeassent de nature; leur salure et leur amertume croissante a dû bientôt faire périr les premières races d'animaux et de plantes; et cette cause toujours croissante a produit enfin le degré d'amertume et de salure convenables au développement des germes des animaux et des plantes marines.

Ce qui s'est passé au commencement des temps se passe encore sous nos yeux, et il ne tient qu'à nous d'observer la métamorphose naturelle des eaux douces en eaux salées.

Les lacs des hautes vallées qui nourrissent peu de plantes et d'animaux, et dans l'intérieur desquels la fermentation putride est peu sensible, conservent la douceur de leurs eaux; dans le cas contraire, ils deviennent salés, et l'époque intermédiaire est marquée ordinairement par le manque absolu de poissons, soit d'eau douce, soit d'eau salée : quelquefois la putréfaction est locale, et il en résulte le phénomène d'un lac qui contient des eaux salées dans une partie, et des eaux moins salées, et quelquefois même des eaux entièrement douces dans une autre partie.

Le plus curieux de tous les lacs inégalement salés, se trouve près de Régi, ville dépendante du gouvernement d'Orenbourg en Russie; car ses eaux sont salées d'un côté

et douces de l'autre. Cet effet peut s'expliquer en supposant que du côté du lac où les eaux sont douces, il se sera trouvé une mine d'autracite (charbon minéral), ou un dégagement d'acide carbonique résultant de quelques causes que j'expliquerai, et qui, dans cette partie, aura ralenti les effets de la fermentation putride.

Lorsque la putréfaction et les effets qui en résultent, excèdent certaines bornes, les animaux qui ne vivent que dans les eaux salées périssent eux-mêmes ou ne naissent point.

La mer Morte ou lac de Sodome n'est pas le seul amas d'eau où toutes les races vivantes se soient éteintes par l'effet d'un excès de salure et d'amertume, et il existe, notamment à l'ouest de la mer Caspienne, un grand lac appelé *Carabocas*, dont le degré de salure est tel, que lorsque les poissons de la mer Caspienne y entrent, ils meurent très-peu de temps après.

On a remarqué, à l'égard de la mer Caspienne elle-même, qu'elle était beaucoup plus salée vers son milieu que vers ses bords, et je ne doute point que, dans un certain nombre de siècles, la salure de cette mer n'augmente au point de la rendre aussi déserte que la mer Morte.

La mer Morte et la mer Caspienne ne sont pas non plus les seuls lacs qui consomment par évaporation les fleuves dont ils reçoivent les eaux.

La mer Bleue ou lac d'Arall qui est voisin de la mer Caspienne, et qui a quarante lieues de longueur sur vingt de largeur, n'a aucune communication avec la mer et reçoit cependant les eaux des rivières de Sert, de Kesell et autres. J'ignore si cette mer nourrit des poissons, mais ses

eaux sont tellement salées, que lorsqu'à l'aide de quelque rigole, on les a répandues sur les champs sablonneux d'alentour, les sables se couvrent en peu de temps de cristaux de sels qui servent à la provision des habitans voisins.

Gmelin, dans son voyage de Sibérie, dit que tout le terrein qui se trouve entre les rivières d'Irtisch et de Jaïk, est rempli d'un grand nombre de lacs d'eau *douce* et d'eau *salée*; que *quelques-uns* de ces lacs contiennent des *poissons* et que d'autres *n'en contiennent point*; il regarde comme un phénomène très-singulier que quelques-uns de ces lacs, qui contenaient *autrefois* de l'eau *douce*, soient *devenus amers et salés*, et aient pris une *forte odeur de soufre* qui a fait *mourir tous les poissons qui s'y trouvaient*, et qu'à *très-peu de distance* de ces lacs qui sont tellement saturés de *sel*, qu'ils le *déposent au fond en très-grande quantité*, il se trouve *d'autres lacs* dont l'eau est *douce* et *très-bonne à boire*. Mais ce qui lui paraît surtout digne de l'attention des naturalistes, c'est le changement qui se fait d'un lac *d'eau douce* en un lac d'eau *amère et salée*, dans une partie de continent *fort éloignée de la mer*.

Si mon système est vrai, tous ces phénomènes n'ont rien d'étonnant: l'eau est *douce* naturellement, mais elle devient *amère et salée* par la force des choses. Un lac d'eau douce qui nourrit en abondance des animaux et des plantes, doit avoir un limon putrescible, et lorsque la putréfaction a fait assez de progrès pour occasionner une épidémie générale sur les animaux et sur les plantes, l'effet augmentant comme la cause, rend ses eaux non-seulement très-salées et très-amères par l'effet du sel qui se

forme et des huiles animales qui se mêlent avec l'eau, mais encore très-fétides, parce que dans la décomposition générale, l'hydrogène et l'azote, en se combinant, forment de l'ammoniac qui, en se combinant lui-même avec le soufre, devient du sulfure ammoniacal (foye de soufre), substance dont l'odeur est insupportable.

L'odeur sulfureuse de la mer Morte, son extrême amertume et son excessive salure, funestes à tous les êtres vivans, se retrouvent dans les lacs de la Sibérie. Partout la même cause produit le même effet ; et l'océan lui-même n'en serait pas exempt, si ses grandes infiltrations ne versaient pas perpétuellement dans les profondes cavernes du globe, la partie la plus pesante de ses eaux qui se trouve être à-la-fois la plus salée, la plus amère et la plus fétide. (Une autre cause que j'expliquerai, contribue à rendre les eaux des lacs bitumineuses et salées.)

236. La fermentation putride du limon de la mer, que je considère comme la cause primitive et constante de la salure de ses eaux, est aussi la cause de leurs autres propriétés.

Les chimistes doivent avoir reconnu quelques différences entre les produits de la fermentation putride qui s'opère au fond de l'eau et surtout à de grandes profondeurs, et les produits de la même fermentation lorsqu'elle s'opère dans l'air atmosphérique ; car, puisque, dans ce dernier cas, l'air atmosphérique est un des agens, son absence doit produire quelque différence dans la nature des produits.

Mais, en supposant qu'il n'y ait aucune différence dans les produits, il doit au moins y en avoir dans la durée de la décomposition.

Lorsque la putréfaction se fait en plein air, les gaz qu'elle développe se dégagent promptement; mais dans la putréfaction sous-aquatique, les gaz dégagés, surtout lorsqu'ils sont visqueux et que l'eau est calme (ce qui a toujours lieu au fond de l'océan), ne doivent s'élever que lorsque leur abondance ne leur permet plus de rester adhérens à la masse qui les a produits.

Les huiles animales et végétales se putréfient très-difficilement, et, comme il est prouvé par l'expérience que l'espèce de bitume dont il s'agit, a un poids tout au plus égal à celui de l'eau de la mer, il ne doit monter à la surface de la mer que très-lentement, et s'y trouver divisé en tres-petites molécules, par l'effet du mouvement des flots; et si quelquefois la mer paraît onctueuse, ce phénomène ne peut avoir lieu que dans des contrées et dans des temps où cette huile se trouve très-abondante. Dans tous les cas, sa dissémination dans la masse entière de l'océan, explique d'une manière satisfaisante la cause de la viscosité, de l'amertume et du goût nauséabonde de l'eau de la mer. Il me reste à expliquer la cause de sa luminosité, de son acidité, et celle de la formation de l'ambre que l'on trouve ordinairement sur le rivage des mers remarquables par une apparence onctueuse et une plus grande luminosité.

237. La partie des huiles animales que la putréfaction décompose, donne naissance à l'hydrogène phosphoré; mais ce gaz étant lui-même éminemment visqueux, il se forme alors sans se dégager et reste adhérent à l'huile qui n'est pas décomposée.

C'est surtout lorsque les flots sont très-agités et que le

passage rapide d'un vaisseau, augmentant le mouvement local, réduit les particules de l'huile à leur plus petit diamètre, que la mer paraît couverte de points lumineux. La raison en est simple.

L'hydrogène phosphoré qui existait dans l'huile se trouvant alors mis à nud, son contact avec l'oxigène de l'atmosphère doit l'enflammer; car il est reconnu que cette substance s'enflamme toujours dans ce cas. Un globule d'huile produira donc alors une petite lumière, un autre globule produira une lumière semblable, et cet effet continuera jusqu'à ce que la totalité de l'hydrogène phosphoré (1) soit consumée.

238. Mais l'huile ne peut être long-temps en contact avec l'air sans se convertir, par l'effet de la combustion lente, en acide sébacique.

L'ambre paraîtrait dès lors être le résultat de la réunion des molécules de bitume converties en acide sébacique; et il serait très-possible que l'acide phosphoreux ou phosphorique qui se forme par l'effet de la luminosité, se

---

(1) Dans les putréfactions sous-marines, le phosphore doit être très-abondant; car le phosphate calcaire ne se trouve pas seulement dans les os des poissons; il se trouve abondamment dans leur cervelle et dans leur laitance; il n'est donc pas étonnant que dans la fermentation générale, le phosphate calcaire se mêle avec l'huile; que celle-ci, en se décomposant, dégage de l'hydrogène; que l'hydrogène se combine avec le phosphore, et que l'oxigène se combine avec la chaux, à l'aide du carbone.

mêlant à l'acide sébacique, devînt la cause de la dureté de l'ambre.

C'est aux chimistes qu'il appartient de décider si ces deux acides existent en effet dans l'ambre. Mais le surplus de ma théorie n'a rien d'hypothétique, car elle explique d'une manière satisfaisante la totalité des phénomènes observés, et dont voici le résumé :

239. « En quelque temps et dans tel pays que ce soit, si l'on agite fortement de l'eau de mer, on aperçoit des étincelles lumineuses ; les mois de l'année où on en aperçoit le plus, sont les mois d'été. L'eau de mer est plus lumineuse sous la zone torride que sous les zones tempérées. »

Le fond de la mer est dans un état perpétuel de fermentation putride ; la fermentation est plus active en été qu'en hiver, et dans les latitudes chaudes que dans les latitudes tempérées.

Cet état de fermentation putride, qui dure depuis le commencement des siècles, a en quelque sorte identifié avec l'eau de la mer, l'hydrogène phosphoré que le bitume renferme et qui a besoin pour brûler du contact immédiat de l'air ; contact qui ne peut avoir lieu complètement qu'à l'aide d'une agitation rapide et continue dans un vase rempli d'air et d'eau.

« On a observé que, dans certains temps, et dans de certaines mers, il se produisait plus facilement des points lumineux, et même sans le secours de l'agitation ; et que

ces points conservaient leur lumière beaucoup plus longtemps.

» Lorsqu'un vaisseau va lentement, il fait paraître constamment moins d'animaux que lorsqu'il va vite.

» Un mouchoir imbibé d'eau de mer ne luit point; mais il luit lorsqu'on le frappe. »

Il n'est pas étonnant que l'huile phosphorescente surnage plus abondamment dans certaines mers et dans certains temps que dans d'autres, et si l'agitation n'est pas toujours nécessaire, elle est du moins toujours favorable à la combustion de l'hydrogène phosphoré.

» L'eau de mer exposée à l'air libre, perd en un jour ou deux la propriété de produire des étincelles. »

La combustion de l'hydrogène phosphoré n'est visible que lorsqu'elle a un certain degré de rapidité. Il y a lieu de croire que dans un vase exposé à l'air libre, elle s'opère lentement et invisiblement.

» La propriété lumineuse de l'eau de la mer se perd en un moment, lorsqu'on la met sur le feu, même sans la faire bouillir. »

» L'huile phosphorescente avec laquelle l'eau de la mer est toujours mêlée, s'évapore en même temps que l'eau; et, comme c'est cette huile qui est la cause de l'amertume et du goût nauséabonde de l'eau de mer, on

conçoit la raison pour laquelle la distillation ne peut pas rendre l'eau de la mer potable (1).

» Cette propriété se conserve un peu plus long-temps dans des vaisseaux fermés, qu'à l'air libre. »

La combustion doit y être plus lente, parce qu'une partie de l'oxigène de l'air renfermé se convertit en acide phosphorique.

» Si l'on filtre l'eau de mer à travers un cornet de

---

(1) Le comte Marsigli a observé que l'eau de mer, après des distillations réitérées, conservait, avec une amertume dégoûtante, quelque chose de visqueux et de gluant qui s'attache aux côtés d'une bouteille dans laquelle on agite cette eau distillée. Mais, comme M. Hales a remarqué, qu'au commencement de la distillation l'eau était claire et de bon goût, il en résulte que l'eau s'évapore un peu plus facilement que l'huile; ce qui explique la raison pour laquelle la pluie, qui est le résultat d'une évaporation lente, n'a aucun mauvais goût.

Il me semble dès lors que pour dessaler l'eau de la mer et la rendre potable, il suffirait d'avoir un alambic à fond très-large et dans lequel on ferait entrer l'eau de la mer par un tuyau, pendant qu'elle s'échapperait par un autre. Il serait facile alors, à l'aide de deux robinets dont on déterminerait le degré d'ouverture en raison de l'activité du feu, de maintenir toujours la surface de l'eau intérieure au même niveau et au degré de température convenable pour qu'il y eût continuellement évaporation d'eau, sans qu'il pût jamais y avoir évaporation d'huile.

papier, l'eau filtrée ne donne plus d'étincelles, mais on en voit paraître sur le papier. »

L'huile ne passe pas à travers le filtre; elle se réunit en très-petits globules sur le papier humide, et comme ces petits globules sont alors en contact plus immédiat avec l'air, l'hydrogène phosphoré qu'ils contiennent peut s'allumer.

» Dans certains jours, l'eau de la mer produit beaucoup plus d'étincelles qu'à l'ordinaire. »

La combustion doit être plus rapide les jours où l'air est, ou plus pur, ou plus dense, ou moins humide. La quantité du bitume flottant n'est pas d'ailleurs toujours la même.

» En mêlant, dans l'obscurité, un peu d'esprit-de-vin avec de l'eau récemment tirée de la mer et contenue dans une bouteille, ce mélange produit des étincelles en plus grand nombre et qui durent d'ordinaire plus longtemps que lorsqu'elles sont produites seulement par l'agitation. »

La propriété qu'a l'esprit-de-vin (alcohol) de dissoudre les corps gras, favorise la combustion de l'hydrogène phosphoré qui est mis à nud à mesure que l'huile se dissout.

» On produit aussi des étincelles par le mélange d'un grand nombre d'autres liqueurs acides, alcalines et autres avec l'eau de mer; mais aucune de ces liqueurs n'en fait paraître autant que l'esprit-de-vin. »

Toutes les substances propres à s'unir à l'huile doivent favoriser l'étincellement de l'eau de mer, mais l'alcohol, qui jouit le plus éminemment de cette propriété, doit produire plus d'étincelles.

» Après les étincelles qui sont excitées par ces mélanges, on ne peut plus en exciter de nouvelles d'aucune manière ».

Lorsque la totalité de l'hydrogène phosphoré a été brûlée, les étincellemens ne doivent plus avoir lieu.

La concordance de tous ces faits avec ma théorie, ne me permet pas de douter que je n'aie indiqué la véritable cause de la luminosité de la mer, et il ne me reste plus qu'à trouver celle de son acidité.

240. L'acidité de l'eau de la mer n'est pas douteuse, car il résulte des expériences de Hales, que le papier bleu prend une teinte rougeâtre (1) après avoir été trempé dans de la saumure faite avec du sel marin, et qu'il ne change pas de couleur quand on le trempe dans une saumure, même très-forte, faite avec du sel minéral ordinaire.

Cette propriété, qui n'est point essentielle au sel ma-

---

(1) Pour savoir si une liqueur est alcaline ou acide, on en fait tomber quelques gouttes sur une substance enduite d'un bleu végétal, tel que la teinture de violette ou de tournesol : si la liqueur contient de l'acide, le bleu devient plus ou moins rouge ; si elle contient quelque alcali, le bleu devient plus ou moins verdâtre.

rin, dépend uniquement de la profondeur à laquelle a été prise l'eau dont on a extrait le sel.

Le comte Marsigli ayant fait deux saumures, l'une avec du sel extrait de l'eau de mer superficielle, et l'autre avec du sel tiré de la même eau, prise à une certaine profondeur, la première de ces saumures fit rougir le papier bleu, et la seconde n'altéra pas la couleur.

Il s'agit donc de savoir de quelle nature peut être cet acide qui existe à la surface de la mer, et qui n'existe pas dans ses profondeurs.

D'après l'explication que je viens de donner du phénomène des étincelles, la réponse devient facile. L'acide particulier que l'eau de la mer contient, n'est autre chose que l'acide *phosphorique* produit par la combustion de l'hydrogène phosphoré.

Cet acide, déjà mêlé avec la vapeur aqueuse résultante de la combustion de l'hydrogène, se mêle facilement avec l'eau de la surface de la mer.

Lorsque l'on fait évaporer cette eau pour opérer la cristallisation du sel, l'acide beaucoup moins évaporable que l'eau se concentre et se mêle dans l'intérieur du sel avec l'eau de cristallisation; et lorsqu'ensuite on met ce sel dans de l'eau ordinaire pour en faire une saumure, l'acide qui, au moyen de la liquéfaction du sel, devient une partie du mélange, produit sur la couleur bleue végétale l'effet qu'il doit produire.

L'expérience de laquelle il résulte que l'eau de la mer mise dans un vase, perd, au bout d'un ou de deux jours, sa propriété lumineuse, suffit pour prouver que l'hydrogène phosphoré brûle toujours, lors même qu'il ne produit pas d'étincelles visibles. La mer doit donc être con-

sidérée comme un corps constamment couvert d'une quantité innombrable de lampes phosphoriques, et qui recueille, sans cesse, l'acide liquide résultant de la combustion du phosphore.

Cet acide, qui est en très-petite quantité, ne change pas la pesanteur spécifique des couches qui, par l'effet de leur température relative se trouvent alors à la surface de la mer. L'on conçoit dès lors que l'acide phosphorique ne doit pas se mêler avec l'eau qui se trouve dans les profondeurs de la mer; et il n'est pas étonnant qu'une saumure, faite avec du sel extrait des eaux profondes, ne rougisse pas la couleur bleue.

241. J'ai attribué à l'huile phosphorescente la saveur amère et nauséabonde de l'eau de la mer. On peut m'objecter, à cet égard, que le goût de l'eau de la mer est d'autant plus nauséabonde, qu'elle est prise à une plus grande profondeur; et que si l'huile en était la cause, ce serait à la surface de la mer que devrait se trouver la plus grande amertume.

Cette objection serait fondée, si l'huile phosphorescente était plus légère que l'eau; mais le contraire est prouvé, notamment par les expériences du comte Marsigli qui a vu toujours descendre au fond de l'eau la substance visqueuse qui avait passé en même temps que l'eau. Il est vrai qu'elle descend lentement, et que l'eau distillée est plus légère que l'eau salée; mais quand on admettrait que le poids de cette matière visqueuse fût égal à celui de l'eau salée, et même un peu moindre, il en résulterait toujours qu'à cause de sa viscosité, elle ne pourrait mon-

ter à la surface de la mer qu'avec une extrême lenteur ; ce qui suffirait pour expliquer la raison pour laquelle l'eau est plus amère dans ses couches profondes que dans ses couches superficielles.

Je dois prévoir une dernière objection.

242. J'ai supposé qu'une cause intelligente avait présidé à l'ordre de l'univers; et cette cause aurait manqué de prévoyance, si, après avoir créé les poissons, les plantes et les grands animaux qui habitent la mer, et avoir fait dépendre leur conservation d'un certain degré dans la salure des eaux, la formation continue du sel, au fond des eaux, rendait un jour l'océan tellement salé, que toutes les races dussent s'y éteindre avant que le surplus de la terre cessât d'être habitable.

Mais d'abord cette objection suppose que les plantes et les animaux marins ne peuvent s'habituer, même par des nuances insensibles, à une eau plus salée que celle dans laquelle vivaient les générations antécédentes : supposition gratuite, et que l'on peut considérer comme invraisemblable, lorsque la différence de salure n'est pas très-considérable.

En second lieu, si la putréfaction de la vase maritime produit sans cesse une nouvelle quantité de sel, cette cause se trouve compensée par deux causes contraires ; l'une est l'infiltration des couches les plus profondes et les plus salées de l'océan, de laquelle résulte l'abaissement graduel de son niveau ; et l'autre est l'eau douce que les courans magnétiques déposent sans cesse à la surface ou dans l'intérieur des glaces polaires.

J'ai déjà fait observer, à cet égard, que les glaces po-

laires étaient devenues les sources de l'océan, parce qu'à mesure que leur poids les rapprochait du noyau de la terre, la température qui existe dans les profondeurs où se trouve la base de ces deux grandes masses, en opérait la fusion continue.

C'est à cette fusion continue que j'ai attribué le courant constant qui a lieu dans la direction de tous les méridiens, et qui entraîne, vers l'équateur, les fragmens désignés par les marins sous le nom d'îles de glace.

J'attribue encore en grande partie, à cette fusion, la diminution de salure que l'on a observée dans les hautes latitudes.

Cet effet, déjà très-sensible, doit augmenter graduellement; car la petite portion de la base glacée des continens, qui est composée d'eau de mer, diminue tous les jours; et le moment arrivera où cette base ne sera plus composée que des eaux douces produites, tant par les vapeurs des régions équatoriales de la terre, que par les courans magnétiques.

Il pourra donc arriver un moment où les eaux douces qui s'élèvent des sources polaires, et qui s'avancent continuellement vers l'équateur, diminueront la salure de la mer, dans la même proportion qu'elle sera augmentée par le muriate de soude résultant de la putréfaction des corps marins.

La compensation se complettera au besoin, par la diminution progressive du sel que les fleuves apportent à la mer; car ce sel est le produit de la lixiviation des terres voisines de la multitude des petits courans dont l'ensemble compose l'eau des fleuves; et comme le sel de ces terres ne se renouvelle pas, le moment viendra où

l'eau des fleuves ne portera plus de sel à la mer, ou n'y en portera qu'une quantité insensible.

Il est vraisemblable, d'un autre côté, que l'abaissement graduel du niveau de l'océan deviendra insensible.

Dans ce cas, il conservera la totalité du sel qui s'y formera.

Mais, comme alors sa surface et sa température seront diminuées, il nourrira un moindre nombre de plantes marines, et la fermentation putride produira une moindre quantité de sel.

A cette époque, la partie habitable de la terre aura elle-même acquis une plus grande surface; et comme elle devra nourrir une plus grande quantité d'hommes, d'animaux et de plantes, et que ses fleuves parcoureront une plus grande étendue de pays, il en résultera une surélévation des terres végétales et une plus grande consommation d'eau douce.

Cette cause de salure et de desséchement fera baisser le niveau de l'océan; et plus il baissera, plus la cause qui l'aura fait baisser, augmentera d'énergie.

Les eaux que le tourbillon solaire fournit aujourd'hui à la terre, seraient peut-être insuffisantes pour arrêter les progrès du desséchement et de la salure, si, d'un autre côté, les flammes du soleil dont l'activité augmente graduellement, n'augmentaient pas graduellement l'humidité des courans magnétiques.

Tout, dans la nature, est compensé avec sagesse; et ce ne sera qu'après la liquéfaction du noyau solaire et l'extinction de ses flammes, que la terre commencera à marcher rapidement vers l'époque du desséchement complet; époque qui sera précédée par l'époque inévitable

du refroidissement absolu. Quelques causes pourront cependant prolonger l'existence de la race humaine.

L'orbite de la terre, devenue parfaitement circulaire, se trouvera dans le plan de l'équateur solaire, et les régions équatoriales de la terre, seules habitables alors, n'éprouveront que le changement de saison nécessaire pour amener celle des pluies.

La terre se sera éloignée du soleil; mais elle aura regagné par le ralentissement de sa marche annuelle, une grande partie de la chaleur que son éloignement de cet astre lui aura fait perdre.

Ses années, quoique plus longues, seront composées d'un moindre nombre de jours, parce que les frottemens qui ralentissent incessamment la vitesse de sa rotation sur son axe, auront eu le temps de produire leur effet; et le génie de l'homme, aiguisé par la nécessité, aura sans doute imaginé quelques moyens pour préserver de la rigueur des longues nuits tous les êtres dont la conservation lui est nécessaire, et pour tirer un parti avantageux de la chaleur que produira, pendant les longues journées de la terre, la masse énorme du soleil, qui se trouvera encore ardente plusieurs milliers de siècles après qu'elle aura perdu son atmosphère lumineuse.

DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES.

243. Ce que j'ai dit dans le premier volume de cet Ouvrage, sur la nature du fluide électrique se résume en peu de mots.

Ce fluide n'est autre chose que la portion du calo-

rique qui n'est point employée à modifier la température des corps.

Le caractère le plus remarquable de l'électricité, est son adhérence à la surface des solides. Elle y est plus ou moins abondante. Une quantité moyenne constitue l'électricité naturelle; au-delà de ce terme, l'électricité est positive; en-deçà, elle est négative.

L'électricité est retenue à la surface des corps par sa propre gravitation, et par la gravitation de l'atmosphère.

Elle suit dans ses mouvemens les mêmes lois que les autres fluides. Si la pression sous laquelle elle se trouve est uniforme, elle reste immobile; si cette pression est inégale, elle se meut vers la partie de l'espace où se trouve la moindre pression, et tous les effets qu'elle produit dans ce cas sont les résultats de sa masse multipliée par sa vitesse.

C'est à l'aide de cette simple théorie que je me propose d'expliquer l'universalité des phénomènes électriques.

De l'électricité par frottement.

244. « En frottant de la résine ou des corps du même genre que la résine, on les électrise négativement.

« En frottant du verre ou des corps du même genre que le verre, on les électrise positivement. »

Le verre et la résine sont de mauvais conducteurs du calorique, et conséquemment de l'électricité. L'air dans lequel ils se trouvent, est lui-même le plus mauvais de tous. Il n'est donc pas étonnant que lorsque le verre ou la résine sont mis dans un état quelconque d'électricité, ils

conservent cet état plus long-temps que les autres corps ne le conservent.

Pour électriser les corps, on les frotte rapidement à l'aide d'un autre corps mauvais conducteur. Le calorique des deux surfaces frottées et de l'air intermédiaire, est mis par le frottement dans un état d'agitation et de pression. Si, après le frottement, on laissait les deux corps en contact, chacun d'eux reprendrait son électricité naturelle, et ils ne seraient point électrisés; mais si on les sépare brusquement, le partage de l'électricité ne sera pas égal entr'eux; l'un sera privé d'une portion de son électricité naturelle, l'autre en acquerrera une quantité surabondante, et le corps frottant devra dès lors se trouver toujours dans un état d'électricité opposé à celui du corps frotté.

Le verre, plus dense que la résine, attire plus fortement qu'elle le fluide électrique. Telle est la cause pour laquelle le frottement augmente l'électricité du verre et diminue celle de la résine; et l'on peut considérer comme une loi générale qui souffre peu d'exceptions, que plus un corps est dense, plus il est propre à retenir l'électricité.

« La résine électrisée attire les corps légers. »

La résine étant à l'état négatif, reçoit l'électricité des molécules d'air en contact avec elle. Ces molécules d'air, dépouillées de leur électricité, augmentent de pesanteur, retombent et font place aux molécules suivantes qui retombent à leur tour. Les petites feuilles de papier ou les petites pailles qui se trouvent dans ce courant, sont

entraînées vers la résine et y restent adhérentes, parce qu'étant elles-mêmes privées de leur électricité qu'elles ont transmise à la résine, elles reçoivent celle de l'air affluent dont le courant est assez rapide pour triompher de leur faible gravitation.

« Le verre électrisé produit le même effet. »

Lorsque l'électricité est négative, l'air devient un conducteur qui donne peu-à-peu l'électricité nécessaire au rétablissement de l'équilibre.

Lorsque l'électricité est positive, l'air reçoit peu-à-peu l'électricité surabondante.

Dans le premier cas, les molécules d'air deviennent plus pesantes; dans le second cas, elles deviennent plus légères; et comme le courant d'air a lieu de la même manière dans l'un et l'autre cas, la même cause doit produire le même effet.

La puissance qu'ont certains corps, et particulièrement l'ambre, d'attirer, lorsqu'ils sont frottés, les corps légers qui se trouvent à leur proximité, était connue des anciens. Mais leurs observations ne s'étaient pas étendues plus loin, et ce n'est que vers le milieu du siècle dernier que les physiciens ont commencé à découvrir les nombreux phénomènes de l'électricité.

Otto de Guérike et Boile avaient observé que certains corps frottés, tels que le diamant, répandaient une lumière plus ou moins vive dans l'obscurité.

Dufay, en tirant par hasard une étincelle de la jambe d'une personne suspendue sur des cordons de soie, en

conclut que la matière électrique était un véritable feu. Plusieurs savans d'Allemagne répétèrent l'expérience de Dufay, et Ludolf vint à bout d'enflammer l'esprit-de-vin par une étincelle électrique qu'il tira du pommeau d'une épée.

Le choc électrique, appelé *coup foudroyant*, fut éprouvé par hasard et pour la première fois, en janvier 1746, par un physicien de Leyde, appelé Cuneas. Muschembroëk éprouva, peu de temps après, la même secousse et toujours par l'effet du hasard. Il écrivit à Reaumur, qu'il avait eu le corps ébranlé *comme d'un coup de foudre*, et qu'il avait cru que *c'en était fait de lui*.

L'abbé Nollet fut le premier qui imagina de faire éprouver, à plusieurs personnes à-la-fois, le choc de la bouteille de Leyde.

On s'était aperçu que les pointes détruisaient l'électricité, lorsque Franklin fit l'heureuse application de ce principe à l'électricité aérienne.

C'est à Volta qu'est dû le plus grand pas qu'ait fait l'électricité, et c'est à M. Davy qu'est dûe l'application de la machine de Volta à la réduction des oxides métalliques.

Plusieurs machines propres à produire l'électricité par frottement, ont été successivement imaginées.

La plus connue est composée d'un plateau de verre, que l'on fait tourner à l'aide d'une manivelle, entre deux coussins enduits d'un amalgame métallique.

A mesure que l'électricité s'accumule sur le verre; elle est enlevée par des pointes qui la portent sur un *conducteur isolé* qui est ordinairement un cylindre de métal, terminé par deux hémisphères et suspendu par des cordons de soie, ou appuyé sur des supports de verre.

La machine, dans ce cas, est appelée *positive*.

On la rend *négative* en disposant l'appareil de manière à ce que le plateau de verre ne puisse se charger qu'aux dépens du conducteur; dans ce cas, les pointes qui dépouillent le verre rendent l'électricité au *réservoir commun*, c'est-à-dire, à la surface de la terre.

« Si on place sur un conducteur isolé des corps légers, et qu'on en place d'autres au-dessous de lui et à sa proximité, au moment où on électrisera positivement ce conducteur, il repoussera les corps légers qui s'appuyaient sur lui; il attirera ceux qui étaient au-dessous de lui, et il les repoussera ensuite; quelquefois même il les repoussera avant qu'ils se soient élevés jusqu'à lui. »

L'air qui environne un conducteur isolé et surchargé d'électricité, remplit en même temps deux fonctions; celle de recevoir peu-à-peu l'électricité du conducteur, et celle de la retenir par l'effet de son poids. Mais comme la pression de l'air n'est pas uniforme sur toute la surface du conducteur, il part des points de cette surface où la pression se trouve moindre des jets qui traversent l'air avec une grande vitesse; mais la résistance de l'air au passage de ces jets, les rend divergens, et la continuité de la divergence convertit chaque jet en une multitude de jets qui se courbent toujours de plus en plus et retombent sur la surface du conducteur en se mêlant avec l'air environnant; c'est ce que j'appelle *gerbe électrique* (*fig.* 1ère).

Le tronc de la gerbe repousse les corps, et ses branches les attirent; mais, comme le tronc de la gerbe se

ment avec plus de rapidité et contient moins d'air que les branches rétrogrades, il traverse les corps avec plus de facilité, et les corps légers sont plus attirés que repoussés. Mais lorsqu'une fois ils se sont appliqués sur la surface du conducteur, ils reçoivent eux-mêmes une électricité surabondante, et leur atmosphère électrique réagit sur celle du conducteur. La force répulsive des gerbes l'emporte alors sur la force attractive des jets rétrogrades. L'air environnant presse à-la-fois les atmosphères électriques des deux corps; mais la pression de l'air ne pouvant s'exercer au point de contact des deux atmosphères, il doit se trouver à ce même point de contact deux gerbes électriques opposées l'une à l'autre. Telle est la cause de la répulsion qui a lieu entre deux corps ayant tous deux une électricité égale et positive.

« Si l'on suspend à deux soies voisines deux conducteurs très-légers, et qu'on les électrise négativement, ils se repousseront. »

Les deux petits conducteurs négatifs reçoivent de l'air qui les touche une certaine quantité d'électricité; cet air qui perd alors une partie du calorique qui le constituait en équilibre de densité avec l'air voisin, doit retomber et céder la place à un air plus léger; et il doit s'établir alors, le long des deux surfaces opposées de chaque conducteur, un courant descendant.

Si chacun des conducteurs éprouvait un effet égal sur ses faces opposées, il resterait en repos; mais l'équilibre est rompu, parce que l'air intermédiaire perdant une quantité double d'électricité, résiste moins à la pression

On l'éprouve notamment en frottant ses mains l'une contre l'autre. La même odeur se manifeste, lorsqu'après un soleil brûlant, il tombe sur la terre quelques gouttes d'eau. On reconnaît enfin cette même odeur, lorsqu'on s'approche d'un conducteur fortement électrisé.

Le soufre électrique doit se trouver en plus grande abondance dans l'électricité par frottement, que dans toutes les autres ; et il y aurait lieu de croire que si l'on chargeait deux bouteilles de Leyde au même degré, l'une à l'aide de la pile voltaïque, l'autre à l'aide de l'électricité par frottement, et qu'on les déchargeât successivement dans un récipient privé d'air, la seconde l'emporterait sur la première, par l'intensité de la flamme purpurine, comme elle l'emporte, à égal degré, par le brillant des étincelles.

« Lorsqu'un conducteur isolé est terminé par une pointe, toute l'électricité qu'on y accumule s'écoule par cette pointe. »

La pression de l'air est la seule puissance qui puisse retenir l'électricité accumulée sur la surface d'un conducteur. Et cette pression, qui s'exerce sur toute l'étendue de la surface d'une manière sensiblement égale, y retient l'électricité sous un poids équivalent à celui d'une colonne de 28 pouces de mercure, qui aurait pour base une surface de même étendue que celle du conducteur.

Tous les points dont une surface est composée, supportent un poids semblable; il en résulte sur toute la surface une pression commune qui, si elle pouvait être parfaitement égale, permettrait d'y accumuler une quantité indéfinie d'électricité.

Mais si l'on ajoute une pointe au conducteur, cette pointe ne présentant à la pression de l'air qu'une base infiniment petite, il ne peut plus alors y avoir d'équilibre entre la pression qu'éprouve la totalité de la surface du conducteur, et la très-petite pression qui s'exerce sur le sommet de la pointe.

Le courant électrique versé sur le conducteur et répandu sur la totalité de sa surface, atteint la pointe de l'aiguille et s'accumule sur son sommet dont il forme le prolongement; et comme la résistance que le poids de l'atmosphère lui oppose dans cette partie, est proportionnelle à l'extrême petitesse de la base, cette résistance se trouve insuffisante à la conservation de l'équilibre. L'électricité accumulée sur le surplus de la surface du conducteur, échappe latéralement à l'effet de la pression, et se condensant de plus en plus à mesure que les diverses lignes d'écoulement convergent vers la pointe, elle perce l'air et s'écoule avec une vitesse proportionnelle à sa fluidité et à la puissance du moteur par lequel elle est lancée.

« L'électricité, dans ce cas, devient visible sous la forme d'une gerbe lumineuse. »

L'électricité sortant de la pointe du conducteur, est elle-même une pointe qui, en perçant l'air, y entre sous la forme d'un fil d'un diamètre égal à celui de la pointe; mais ce courant filiforme, extrêmement condensé, est en même temps extrêmement rapide; l'air qui ne peut se déplacer assez vite, réagit en raison de la rapidité avec laquelle il est choqué; le fil se déchire, diverge, étend ses rameaux, la gerbe se forme et elle devient lumineuse, soit

par la lumière que la pression fait rejaillir du courant électrique, soit parce que le soufre électrique se combine alors rapidement avec les molécules d'oxigène qu'il choque sur son passage. Cette explication est d'autant plus vraisemblable, qu'il se répand alors une forte odeur qui tient de celle du soufre et de celle du phosphore.

La gerbe que l'on voit dans ce cas est une représentation exacte de la gerbe invisible qui existe aux deux extrémités d'une aiguille aimantée, avec cette seule différence que la vitesse du fluide électrique, quoique très-grande, étant incomparablement plus petite que celle du fluide magnétique, produit un cône divergent beaucoup plus aigu, et qui dès lors ne se convertit en courant rétrogrde que dans certains cas. (1)

La gerbe lumineuse nous présente encore l'image des milliers de petites gerbes invisibles qui s'échappent de la surface d'un conducteur métallique, et qui forment autour de lui, et à une assez grande distance, une atmosphère électrique que l'on peut considérer comme un conducteur aérien servant d'enveloppe au conducteur métallique.

La surface d'un conducteur, avec quelque soin qu'elle

---

(1) On a observé, que si la pointe dont on arme le conducteur était trop aigue, la gerbe ne se manifestait point, et qu'il fallait, pour qu'elle eût lieu, que la pointe fût un peu arrondie; on sent, en effet, que si le courant électrique n'occupe dans l'air qu'un très-petit diamètre, la divergence ne commencera qu'à une très-grande distance de la pointe, et qu'alors les filets divergens se trouveront à-la-fois trop peu denses et trop peu rapides pour être visibles.

ait été polie, est composée de vallées et de montagnes. Les sommets de toutes ces montagnes microscopiques sont autant de pointes par lesquelles l'électricité s'écoule; et dans les circonstances les plus favorables à la conservation de l'électricité, les jets qui en émanent parviennent, en quelques minutes, à vider le réservoir, parce que tous ces jets n'ont pas la rapidité nécessaire pour produire des contre-courans qui les forcent de retomber sur la surface du conducteur, et que la quantité d'électricité que les contre-courans ramènent, n'est jamais égale à celle qui s'est échappée par les jets qui les ont produits.

Le courant électrique qui jaillit d'une pointe n'est pas seulement visible, il est encore sensible au toucher; car il produit sur le visage la sensation d'un vent frais (1), et, à mesure qu'on s'en éloigne, cette sensation se convertit en une espèce de chatouillement semblable à celui qu'on éprouverait par le contact de l'extrémité d'une houpe de cigne: sensation que l'on éprouve aussi lorsque le visage est plongé dans l'atmosphère électrique d'un conducteur.

« Un conducteur armé d'une pointe, ne peut être électrisé négativement. »

Les pointes, qui sont des canaux de décharge par lesquels l'électricité s'écoule, sont aussi des canaux aspira-

(1) Ce qu'on éprouve alors est l'effet d'un véritable vent composé, à la vérité, de calorique électrique, mais auquel l'air prend part, quelquefois par un mouvement progressif, et toujours par un mouvement de turbination.

teurs à l'aide desquels elle s'introduit sur la surface des corps.

Un conducteur sphérique, ou un conducteur cylindrique terminé par deux hémisphères, a la forme la plus propre à la conservation de l'état électrique de ce conducteur. Supposez-lui une forme cubique ou toute autre forme anguleuse, il perdra son électricité d'autant plus promptement que les angles seront plus aigus. Armez-le d'une pointe, et il vous sera impossible de rien ajouter à son électricité naturelle, ou d'en rien retrancher.

Je viens d'expliquer la cause de l'écoulement de l'électricité dans le premier cas; je vais expliquer celle de sa rentrée dans le second cas.

J'ai dit que sur les surfaces les plus polies, il n'existait pas de plaines, mais une alternative d'élévations et de profondeurs. L'air environnant ne s'appuie que sur le sommet des montagnes, et le calorique seul a la liberté de circuler dans les vallées où il est emprisonné. Son plus grand état de densité a lieu lorsque l'électricité est positive, et sa réaction, devenue alors plus puissante que la pression atmosphérique, soulève l'atmosphère qui, de son côté, comprime l'électricité positive avec la totalité de son poids. Mais lorsque l'électricité est négative, le calorique électrique, réduit à l'état de sa plus grande rareté, présente à l'électricité des corps voisins un espace libre de la même nature que celui que présente à l'air environnant un récipient dans lequel on a fait le vide. Le phénomène n'a donc plus rien qui doive surprendre, si l'on se détermine à considérer la pointe dont un conducteur est armé, comme le robinet d'une machine

pneumatique qu'on laisserait ouverte pendant le temps où l'on ferait jouer le piston.

Une machine électrique négative n'est, en effet, autre chose qu'un piston qui aspire l'électricité naturelle du conducteur. Cette aspiration rompt l'équilibre électrique entre le conducteur et l'air environnant. L'équilibre se rétablit bientôt entre le conducteur et la couche d'air en contact, qui, cessant elle-même alors d'être en équilibre avec les couches voisines, s'empare de leur électricité et la transmet au conducteur ; mais si le jeu du piston continue, la quantité d'électricité aspirée se trouvera plus considérable que la quantité rentrante, parce que l'air ne cède son électricité que lentement, à cause de sa propriété non conductrice. Le réservoir électrique du conducteur se videra donc peu-à-peu, et l'air qui l'environne sera dans un état d'électricité négative.

Si le conducteur, dans ce cas, se trouve armé d'une pointe, le même effet ne peut plus avoir lieu, parce qu'aussitôt qu'une molécule d'air en contact avec la pointe a perdu son électricité naturelle, elle tombe ou s'échappe latéralement ; une nouvelle molécule la remplace alors, se désélectrise, et se trouve également écartée par l'affluence des molécules environnantes. L'électricité aérienne, qui converge vers la pointe où se trouve la moindre résistance, s'écoule dans l'intérieur du récipient électrique à mesure qu'il se vide, et la réparation se trouvant bientôt aussi rapide que l'aspiration, l'état d'électricité naturelle du conducteur ne peut être changé.

Dans ce cas, on n'aperçoit point d'aigrettes, on voit seulement un point lumineux à l'extrémité de la pointe. »

La pointe est le foyer où se réunit toute l'électricité de l'air ; c'est là qu'elle est le plus dense, et que son mouvement est le plus rapide. C'est donc là seulement que la lumière doit briller par l'effet de la compression locale du calorique électrique. Mais lorsqu'ensuite la même électricité s'écoule et se distribue le long de la tige et le long du conducteur, elle se trouve répandue sur une plus grande surface, et la pression de l'électricité n'est plus assez forte pour opérer le dégagement de la lumière qui est toujours mélangée avec elle.

« Si l'on présente une pointe à un conducteur positif, on détruit son électricité ; et cet effet est sensible à une assez grande distance. »

Le conducteur se trouvant renfermé dans une atmosphère électrique qui est elle-même comprimée par l'air environnant, on détruit l'effet de cette compression en y plongeant une pointe qu'il faut toujours considérer comme un tuyau d'écoulement. L'électricité de l'atmosphère électrique s'écoule d'abord ; l'électricité du conducteur métallique se trouvant moins comprimée du côté où son atmosphère est désélectrisée que de tous les autres côtés, se répand dans cette partie ; et comme l'effet doit durer autant que la cause, le conducteur lui-même se désélectrise entièrement.

« Le même effet a lieu si l'électricité est négative. »

Dans ce cas, l'atmosphère du conducteur se trouvant privée de son électricité naturelle, ne présente aucune ré-

sistance au courant électrique qui part du réservoir commun, et qui, s'écoulant par la pointe, se réfugie dans la partie de l'espace où l'électricité se trouve sous une moindre pression. L'électricité que la machine enlève au conducteur, lui est rendue, dans ce cas, par son atmosphère qui reçoit de la pointe une quantité égale à celle qu'elle donne au conducteur.

« Si l'on présente au conducteur positif ou négatif un pinceau, les poils de ce pinceau s'écartent les uns des autres. »

Tous les poils sont autant de pointes qui donnent ou reçoivent de l'électricité, et qui, dans les deux cas, s'électrisant positivement ou négativement, électrisent ou désélectrisent l'air qui les environne. Tous ces poils ont donc chacun leur atmosphère électrique positive ou négative, qui réagissent l'une sur l'autre et occasionnent l'écartement des poils.

On a observé beaucoup de singularités dans la manière dont les corps s'électrisent par frottement.

« Lorsque le verre est rayé, il s'électrise négativement. »

La propriété qu'a le verre de s'électriser positivement, a pour cause l'attraction qu'exercent sur le calorique électrique, les molécules voisines de sa surface, attraction qui se trouve plus puissante que celle des molécules du corps qui a servi à frotter le verre. En rayant le verre, on trace sur sa surface des sillons, et comme alors les molécules qui se trouvent dans les profondeurs de ce

sillons, se trouvent plus éloignées de la couche d'électricité commune que les molécules du sommet des sillons, elles exercent une moindre attraction, et l'ensemble de la puissance attractive se trouve diminuée. La puissance attractive des molécules du corps frottant, devient alors plus forte que celle des molécules de verre, et lorsque la séparation s'opère, le verre se trouve avoir la plus petite part dans l'électricité commune.

Ces mêmes sillons peuvent encore être considérés comme des angles vifs qui favorisent l'écoulement de l'électricité et diminuent la puissance avec laquelle la surface du verre la retenait, avant d'avoir été rayée.

« Le verre, quoique poli, s'électrise négativement, lorsqu'on le frotte avec une peau de chat. »

Les poils du chat retiennent très-fortement l'électricité, parceque ces poils très-fins et très-subdivisés agissent sur l'électricité par une infinité de surfaces.

« M. Libes (*Traité de physique*) s'est occupé dans un chapitre particulier d'une espèce d'électricité, qu'il appèle *électricité par contact*, et qui me paraîtrait plus convenablement désignée par le nom d'*électricité par séparation*, parce que cette désignation ne permettrait pas de la confondre avec l'*électricité voltaïque*.

Ce savant rend compte d'un très-grand nombre d'expériences qu'il a faites, et desquelles il résulte que si, après avoir mis en contact avec une surface résineuse, un métal, du marbre, du verre, ou tout autre corps qui, frotté avec la résine, se serait électrisé positive-

ment, on sépare ces deux corps, l'électricité se produit dans un ordre contraire; c'est-à-dire, que dans ce cas, les corps séparés de la résine sont toujours électrisés négativement, et que l'électricité relative est d'autant plus sensible que le contact aura été rendu plus immédiat par l'effet de la pression. »

Pour concevoir la cause de ces effets, il faut d'abord se rappeler que la surface de la résine est un très-mauvais conducteur de l'électricité.

Il faut se rappeler encore que tous les corps dont une cause accidentelle ne change pas l'état électrique, ont une électricité naturelle, proportionnelle à leur capacité, et sont, entr'eux, à l'état d'équilibre électrique.

Il est permis, dès lors, de supposer que la couche de calorique qui compose l'électricité naturelle de la résine, n'est pas répandue uniformément sur toute sa surface, et qu'il s'y trouve des espaces vides d'électricité, ou qui n'en contiennent pas la quantité qu'ils doivent contenir.

Chacun de ces espaces se trouvera dès lors en état d'électricité négative avec les corps environnans; tandis que les autres espaces seront à l'état d'équilibre avec eux.

Si, dans cet état de choses, vous mettez en contact avec une surface résineuse un corps quelconque, ce corps donnera une portion de son electricité naturelle à toutes les parties de la surface résineuse qui se trouveront négatives, et il devra dès lors, après la séparation, avoir un peu moins d'électricité qu'auparavant.

Mais comme la séparation doit produire, dans l'électricité de la surface de la résine, un mouvement, l'électricité nouvellement acquise se mêlera avec l'ancienne; et

le tout produira une somme d'électricité plus grande que celle de l'électricité naturelle de la résine.

« Il y a des corps qui, dans les mêmes circonstances, s'électrisent tantôt positivement, tantôt négativement. »

Cela doit arriver toutes les fois que le frottoir et le corps frotté ont une égale capacité électrique, parce qu'il n'y a alors aucune raison pour que la part de l'un soit plus forte que celle de l'autre. La rapidité de la séparation ne permettant pas qu'il se fasse un partage parfaitement égal de l'électricité commune, il faut bien nécessairement que la part de l'un diffère de celle de l'autre ; et le hasard seul détermine alors quel est celui des deux qui obtient la part la plus forte.

« Coulomb a composé un conducteur d'une série de globes qui se touchaient par un seul point. Il a reconnu que le globe du milieu était celui sur la surface duquel l'électricité se trouvait le plus accumulée, et que la densité de l'électricité allait toujours en décroissant du centre aux extrémités ; et il en a conclu que la même chose devait avoir lieu dans les conducteurs ordinaires qui sont composés d'un cylindre terminé par deux hémisphères. »

Cet effet est dû à l'attraction que l'ensemble des molécules de la surface du conducteur exerce sur l'ensemble de l'électricité répandue sur cette même surface.

S'il n'y avait d'autre cause de pression de l'électricité, que le poids de l'air et l'attraction verticale des corps, la couche d'électricité aurait une épaisseur égale sur toute

la surface du conducteur; mais l'électricité, après avoir satisfait à ces deux lois, doit encore obéir à l'attraction latérale des autres parties de la surface, et se porter avec plus d'abondance dans la direction où il se trouve un plus grand nombre de molécules attirantes.

« Si l'on approche d'un conducteur isolé, un conducteur-excitateur, terminé par une boule, on a observé que lorsque la boule était petite on tirait l'étincelle de plus loin et qu'elle était moins forte. »

L'air qui sépare le conducteur de la boule s'appuie en même temps sur le conducteur et sur la boule, et plus la boule a de diamètre, plus, toutes choses égales d'ailleurs, l'air présente de résistance au passage de l'étincelle électrique. Si l'extrémité de l'excitateur était terminée par une pointe, l'air n'ayant qu'un point d'appui infiniment petit, n'opposerait à l'écoulement de l'électricité qu'une résistance infiniment petite; cet écoulement aurait lieu sans effort, et le conducteur perdrait son électricité sans produire d'etincelles. Une très-petite boule diffère peu d'une pointe, et la résistance de l'air, qui est alors très-faible, est vaincue sans beaucoup d'effort; mais à mesure que la boule grossit, la résistance de l'air augmente; et ce n'est qu'à l'aide d'un effort extraordinaire que l'électricité franchit l'intervalle qui sépare un conducteur isolé d'un excitateur terminé par une boule d'un grand diamètre.

Cette boule plongée dans l'atmosphère électrique, désélectrise l'atmosphère, en transmettant au réservoir commun toute l'électricité qui lui est communiquée par l'air en contact. L'effet de cet écoulement, loin d'augmenter

l'électricité naturelle de la boule, entraîne cette électricité, et électrise la boule négativement. L'électricité du conducteur plus pressée dans tous les autres points que dans celui qui est le plus rapproché de la boule, s'accumule sur ce point, se gonfle, s'allonge; et lorsque la résistance de l'air intermédiaire, qui diminue progressivement, à mesure qu'il se désélectrise, n'est plus suffisante pour la conservation de l'équilibre, l'électricité s'élance, déchire l'air et s'écoule toute entière, ou presque toute entière, par le même canal qui avait servi à faire écouler l'électricité de son atmosphère.

245. « L'électricité s'accumule dans l'appareil appelé *bouteille de Leyde*, et l'étincelle qu'elle produit, quoique plus petite que celle d'un conducteur ordinaire, excite en nous une commotion incomparablement plus forte. L'appareil qu'on appelle *tableau magique*, a la même propriété. »

Lorsque l'électricité n'a pas acquis une très-grande densité, elle reste dormante à la surface du verre; mais dans le cas contraire, elle parvient à le traverser, et elle le traverse d'autant moins difficilement, qu'il est plus mince.

Si on colle une feuille métallique sur chacune des deux surfaces correspondantes d'un verre plat, en laissant assez de marge pour que les deux feuilles ne soient pas trop voisines, on aura deux conducteurs isolés qui n'ont entr'eux d'autre communication possible qu'à travers le verre qui les sépare : c'est ce qu'on appelle *tableau magique*.

Si l'on met l'un de ces conducteurs en communication

avec le réservoir commun, et qu'on verse sur l'autre de l'électricité, elle s'y accumule, et à un certain degré de densité, elle passe lentement à travers le verre et s'écoule dans le réservoir commun ; mais comme le conducteur en reçoit une quantité plus grande que celle qu'il perd, il se charge avec excès ; et si alors on isole les deux conducteurs, celui qui a reçu l'électricité s'en trouve surchargé, tandis que l'autre, dont l'électricité naturelle a été entraînée par l'écoulement de l'électricité qui a traversé le verre, se trouve électrisé négativement, ainsi que la surface du verre avec laquelle il est en contact.

Dans cet état, l'électricité accumulée se trouve composée de trois parties : l'une est dormante à la surface du métal; l'autre forme une couche commune entre la surface du verre et la surface du métal; la troisième, qui est la plus considérable, est engagée dans la porosité du verre où elle est très-fortement retenue par l'attraction des molécules du verre. Ces trois portions, qui ne forment qu'une seule et même électricité, sont retenues par la pression atmosphérique, et devront s'écouler par un seul et même jet, lorsque l'équilibre sera rompu.

Si je présente un excitateur à la surface négative seulement, je ne change rien à la disposition de l'appareil.

Si je le présente à la surface positive seulement, l'électricité retenue plus fortement par les molécules du verre, qu'elle n'est attirée par le canal d'écoulement que je lui présente, ne s'écoule point.

Mais si je touche à-la-fois la surface positive et la surface négative, l'électricité que j'accumule sur cette dernière surface, et dont une partie pénètre dans le verre, repousse un peu l'électricité intérieure vers la surface op-

posée ; cette faible répulsion rompt l'équilibre, et la pression de l'air sur la surface positive détermine l'écoulement de l'électricité dans le réservoir commun. Cet écoulement ne se fait pas instantanément ; il se fait avec une vitesse accélérée ; mais l'accélation est si rapide que l'écoulement paraît instantané.

Le même effet a lieu dans la *bouteille de Leyde*, qui n'est autre chose qu'un vase de verre garni d'une feuille de métal extérieurement et rempli intérieurement jusqu'à une certaine hauteur de feuilles de cuivre mobiles ou de grains de plomb.

On ne peut charger ces appareils que jusqu'à un certain degré, au-delà duquel l'électricité intérieure réagit assez fortement pour que la bouteille se décharge d'elle-même, soit en brisant le verre intermédiaire, soit en franchissant l'intervalle qui se trouve entre la garniture extérieure et la petite boule du crochet qui est en communication avec la garniture intérieure.

« L'étincelle produite par une bouteille de Leyde est plus vive que celle des conducteurs ordinaires ; et cependant la distance explosive est beaucoup plus courte. »

Dans les conducteurs ordinaires, l'étincelle est due à l'action directe et immédiate de la pression de l'air sur la très-grande surface de ces conducteurs, au lieu que l'étincelle de la bouteille de Leyde qui n'a qu'une petite surface, est due pour la majeure partie à l'élasticité du calorique électrique. C'est un ressort qui a été bandé, et qui réagit avec une force représentative de la succession des forces que le poids de l'air a exercées sur la surface du conduc-

teur pendant tout le temps qui a été nécessaire pour charger la bouteille.

La bouteille ne s'est chargée qu'aux dépens du conducteur, et le conducteur n'a versé l'électricité dans la bouteille que parce que la bouteille qui versait elle-même dans le réservoir commun une partie de l'électricité qui lui était confiée, présentait à l'écoulement du fluide du conducteur une résistance moindre que celle de l'air environnant; mais comme la bouteille ne versait pas la totalité du fluide qu'elle recevait, le fluide surabondant en s'accumulant dans un espace déterminé, a diminué graduellement de volume. Le ressort de l'électricité de la bouteille a donc été tendu par une série indéfinie de petits efforts. Lorsque ce ressort s'est détendu, la totalité de l'électricité accumulée s'est écoulée avec une prodigieuse accélération; et comme le système nerveux est de toutes les parties du corps humain, celle qui est le plus propre à conduire l'électricité (1), il en est résulté une sensation vive et douloureuse à laquelle nous avons donné le nom de commotion.

Si la distance explosive d'une bouteille de Leyde est

---

(1) C'est une chose digne de remarque, que les petites gaînes nerveuses qui contiennent une moële analogue à celle du cerveau soient meilleures conductrices de l'électricité que les veines, les artères et les vaisseaux lymphatiques. Cette singularité me paraît prouver qu'il existe un fluide nerveux d'une nature très-analogue à celle du fluide électrique, et qui, comme l'électricité, ne doit être autre chose que le calorique lui-même.

beaucoup plus courte que celle d'un conducteur ordinaire, c'est que l'atmosphère électrique d'une bouteille de Leyde est presque nulle, et que l'accumulation d'une électricité renfermée dans un très-petit espace ne peut y déterminer les grandes fluctuations qui ont lieu sur la vaste surface des conducteurs.

« J'ai éprouvé que, dans certains cas, un chat pouvait donner une commotion de la même nature que celle de la bouteille de Leyde. »

Si vous n'avez point de vêtemens de soye et que le chat ait peu de poils sous le ventre ou qu'il y ait de l'humidité sur cette partie de son poil, le ventre du chat se trouvera en communication plus ou moins imparfaite avec le réservoir commun.

En frottant rapidement l'animal sur le dos, vous accumulez de l'électricité dans cette partie du poil, qui est sèche. L'animal participe peu-à-peu à l'état électrique que son poil acquiert, et il verse dans le réservoir commun son électricité plus lentement qu'il ne la reçoit; il s'électrise donc de plus en plus à mesure qu'on le frotte. Si alors on présente à la peau du ventre le doigt qui est meilleur conducteur que les étoffes, l'électricité accumulée s'écoule rapidement par ce canal, et on reçoit la commotion. Et la preuve que, dans ce cas, c'est bien le chat lui-même, et non pas son poil qui produit le choc, c'est que l'animal reçoit aussi la commotion et manifeste son impatience.

Si, au lieu de toucher le ventre du chat, on lui touche le bout de l'oreille, on sent la piqûre de l'étincelle,

mais on n'éprouve point de commotion. Cette différence est due à la forme de l'oreille qui se termine en pointe et qui dès lors ne décharge pas son électricité aussi brusquement que la peau du ventre.

« Lorsque plusieurs bouteilles de Leyde sont mises en communication entr'elles, il en résulte une batterie dont la décharge tue les animaux, et fait passer des feuilles métalliques de l'état solide à l'état gazeux. »

L'effet doit être proportionnel à la cause : la quantité prodigieuse d'électricité qui passe subitement dans le système organique d'un animal, déchire ce système, et l'animal meurt.

Quant aux feuilles métalliques, comme alors leur surface ne suffit pas à l'abondance du fluide qui s'écoule, une partie de ce fluide est forcée de traverser l'intérieur du métal dont les parties sont écartées, divisées et combinées avec le calorique. Les atmosphéroïdes prennent dès lors le volume nécessaire pour soutenir les molécules à l'état de gaz, et si le métal a de l'affinité avec l'oxigène, il s'oxide en même-temps qu'il se gazéifie. Quelques chimistes pensent que l'or, dans ce cas, n'est que gazéifié, et qu'il n'est point oxidé. C'est une question que les savans seuls peuvent décider.

346. « Il existe une espèce de choc électrique, auquel on donne le nom de *choc en retour*, qui a beaucoup occupé les physiciens, et qu'on a cherché à expliquer par l'hypothèse de deux fluides, l'un vitré et l'autre résineux. »

« Un homme éloigné à une assez grande distance d'un

d'étincelles. L'expérience devient dès lors parfaitement semblable à la précédente, et le conducteur secondaire recevra également une étincelle de l'excitateur lorsqu'on déchargera le conducteur principal.

Mais ce conducteur dont l'électricité naturelle a été refoulée par la force répulsive de l'électricité aérienne, n'a pu devenir positif d'un côté, sans devenir négatif de l'autre. Et puisque l'électricité qui est communiquée à l'une de ses extrémités par l'air en contact, s'écoule sans cesse vers l'extrémité la plus éloignée du conducteur principal, il en doit résulter que l'électricité qui se trouve vers le milieu de ce conducteur secondaire, est équivalente à son électricité naturelle ; résultat qui confirme la vérité de cet axiome fondamental : *l'électricité naturelle n'est autre chose qu'une moyenne proportionnelle entre l'électricité positive et l'électricité négative.*

247. « Lorsqu'on fait passer une forte charge d'électricité à travers une aiguille, cette aiguille se trouve aimantée. »

Le calorique électrique ne diffère du calorique magnétique que parce qu'il est moins pur, et qu'il est doué d'une moindre vitesse.

Il n'est besoin, pour aimanter une aiguille, que d'achever ce que la nature a commencé, en donnant aux pores de cette aiguille et dans le sens de sa longueur, une direction qui convienne au passage facile du fluide magnétique ; et le fluide électrique a assez d'analogie avec le fluide magnétique, pour remplir cette fonction préparatoire.

On n'y parviendrait pas, à la vérité, à l'aide d'une faible décharge, parce que, dans ce cas, l'électricité s'écoule-

rait sur la surface de l'aiguille, ou ne s'écoulerait pas dans son intérieur avec assez de vitesse pour changer la direction de ses pores; mais si l'on augmente à-la-fois la quantité d'électricité et la pression sous laquelle elle se trouve, son écoulement, dans l'intérieur de l'aiguille, produira un effet analogue à celui qu'on aurait obtenu, en déterminant par les procédés ordinaires de l'aimantation le passage direct du courant magnétique.

La même théorie explique la raison pour laquelle la foudre, qui n'est autre chose qu'une batterie électrique, a quelquefois aimanté très-fortement des barres de fer.

« Il a été fait récemment une expérience intéressante.

« Une petite machine électrique a été placée successivement sous le récipient d'une machine pneumatique aspirante et sous le récipient d'une machine pneumatique foulante : voici les phénomènes qui ont été observés.

« Aux premiers degrés de compression, la pointe du conducteur est plus lumineuse, et les éclairs qui jaillissent des coussins, sont plus vifs et plus fréquens.

« Mais si l'on continue de fouler l'air, les phénomènes s'affaiblissent peu-à-peu et disparaissent même entièrement. Le cylindre frotté ne produit plus d'effet sur l'électromètre (1), et l'on ne voit plus de lueur permanente entre le coussin et le cylindre.

---

(1) *L'électromètre* est un conducteur isolé que l'on place sur le corps dont on veut connaître l'électricité.

Ce conducteur consiste en deux corps légers suspendus à

« Si l'on cesse de fouler, et que l'on donne issue à l'air, la pointe devient lumineuse et les boules de l'électromètre commencent à diverger.

« Dans la machine du vide, aussitôt qu'on raréfie l'air, les phénomènes décroissent, et bientôt on n'aperçoit plus aucun effet, si ce n'est une lueur permanente entre le coussin et le cylindre; mais si alors on fait rentrer l'air, la pointe devient lumineuse et les boules de l'électromètre s'écartent. »

La pression atmosphérique étant l'unique cause des phénomènes électriques, le premier degré d'augmentation de cette pression doit rendre ces phénomènes plus sensibles; mais cela ne peut avoir lieu que jusqu'à un certain degré; car, si la pression augmente à un degré tel qu'elle soit suffisante pour empêcher l'électricité de s'écouler par les pointes, elle s'accumulera sur ces pointes, et y sera retenue comme sur une surface plane. L'électricité accumulée, trouvant dans l'air environnant une résistance invincible, réagira efficacement sur les atmosphéroïdes saillantes, et les comprimera assez forte-

---

côté l'un de l'autre. Aussitôt que ces deux corps légers ont reçu l'électricité, ils s'écartent l'un de l'autre et s'écartent d'autant plus que l'électricité se trouve sous un état plus considérable de réaction contre la pression de l'air environnant.

L'électromètre est à l'électricité ce que le thermomètre est au calorique sensible. Ces deux instrumens indiquent non pas la quantité du fluide qu'ils mesurent, mais une certaine modification qu'éprouve alors ce fluide.

ment, pour que la pression se communique de proche en proche dans les atmosphéroïdes intérieures. Le frottement ne peut donc, dans ce cas, produire d'autre effet que celui d'élever la température des corps frottés.

Mais, lorsqu'en laissant échapper l'air, on diminue la pression extraordinaire, l'électricité qui parvient à se dilater n'est plus obligée de se convertir en calorique sensible; elle retrouve sa force expansive, et les boules de l'électromètre s'écartent; elle s'écoule par les pointes qui redeviennent lumineuses, et les phénomènes ordinaires se manifestent de nouveau.

Si, au contraire, on raréfie l'air, l'électricité, qui n'est plus retenue par la compression, s'écoule à mesure qu'elle se forme, et l'électromètre ne peut plus indiquer une force d'expansion qui existait sous la pression atmosphérique, et qui n'existe plus lorsque le conducteur est soustrait à cette pression. Mais l'effet du frottement n'est pas nul, et le cylindre reste toujours positif à l'égard du coussin auquel il enlève une portion d'électricité qui s'échappe invisiblement de tous les points de la surface du cylindre, et qui n'est visible à l'instant de sa formation, qu'à cause de son accumulation sur la partie du cylindre voisine du coussin.

« M. Wollaston avait fait monter un cylindre avec son coussin et son conducteur, dans un vase où il pouvait à volonté changer l'air qu'il renfermait. Après avoir essayé le degré d'excitation dans l'air commun, il lui substitua de l'acide carbonique; il observa que l'excitation fut entièrement détruite, et qu'elle reparut du moment qu'on fit rentrer l'air atmosphérique.

« Le même physicien a observé qu'en employant dans les appareils ordinaires un amalgame d'argent et de platine, métaux qui ne sont pas oxidables, on ne peut obtenir aucun signe d'électricité, et qu'elle se manifeste toujours lorsque l'amalgame se compose de métaux oxidables, tels que l'étain, le zinc ou le mercure. » (*Bibliothèque Britannique*, n°. 138, page 32.).

Si l'électricité n'est, en effet, autre chose que le calorique adhérent à la surface des corps, il doit en résulter que l'appareil le plus propre à produire de l'électricité, doit être celui qui est le plus propre à verser du calorique sur la surface du plateau de verre qui frotte les coussins d'une machine électrique.

Si l'on ne met point d'amalgame sur ces coussins, la chaleur produite par le frottement immédiat des surfaces, augmentera la pression du calorique intérieur du verre; sa température s'élevera; tout le calorique produit se trouvera employé en calorique sensible, et il n'y aura pas d'électricité.

Si l'on place entre les deux surfaces un amalgame d'argent ou de platine, le frottement sera adouci, et la chaleur sera moindre; mais l'effet du calorique dégagé sera le même que dans le cas précédent, et il n'y aura point encore d'électricité sensible.

Mais si l'on substitue à cet amalgame qui n'est pas oxidable, un amalgame composé de métaux oxidables, cette propriété du dernier amalgame produira un calorique superficiel; car le plateau de verre, en frottant l'amalgame, en enlève alors des parcelles dont la température

est assez élevée pour que l'oxigène se combine avec elles ; et le calorique résultant de cette oxidation qui a lieu à la surface du verre, doit lui-même rester adhérent à la surface du verre par l'effet de la pression de l'air environnant, jusqu'au moment où les pointes du conducteur s'en empareront.

Si la machine, ainsi disposée, continue son mouvement dans l'acide carbonique, l'oxigène reste adhérent au carbone ; aucune parcelle de l'amalgame ne s'oxide, et l'effet est le même que dans le cas où l'amalgame n'est pas oxidable.

L'expérience de M. Wollaston a été répétée par M. Davy qui a obtenu un résultat contraire.

« Ayant monté, dit-il, (*Traité de Chimie*, p. 203.) une petite machine électrique dans un vase de verre, de manière à pouvoir le faire tourner dans toute espèce de gaz, j'ai trouvé qu'elle agissait dans le gaz hydrogène, et davantage dans l'acide carbonique que dans l'air atmosphérique ; sans doute à cause de la plus grande densité de ce gaz ».

M. Davy conclut de cette expérience, que l'action de la machine électrique ordinaire ne dépend point de l'oxidation de l'amalgame. Et je suis de son avis, s'il a seulement voulu dire qu'elle n'en dépend pas uniquement.

L'oxidation de l'amalgame est, ainsi que je viens de le faire voir, une cause très-favorable à la production de l'électricité ordinaire et qui doit beaucoup augmenter la force des machines ; mais cette oxidation n'est point une condition essentielle. Et, pour que le frottement sans oxidation puisse produire de l'électricité, il suffit qu'il n'y ait qu'une partie du calorique qui soit employée à l'élévation

de la température; ce qui peut dépendre de la nature du verre, de celle des coussins, d'une pression plus ou moins forte entre le plateau et les coussins, et de la vitesse plus ou moins grande de la rotation. Il n'est donc pas étonnant que, de deux machines différentes, essayées avec le même amalgame dans de l'acide carbonique, l'une ait produit de l'électricité, et que l'autre n'en ait pas produit.

248. « Si l'on suspend au conducteur un vase métallique percé vers son fond de plusieurs orifices, à chacun desquels on a adapté un ajutage capillaire, l'eau dont le vase est rempli, n'en sort qu'avec beaucoup de lenteur tant qu'elle reste dans son état naturel; mais du moment qu'on électrise l'appareil, l'écoulement est plus rapide. On voit même alors l'eau s'élancer, sous la forme de *jets divergens*. »

J'ai dit que ce qui constituait la liquidité des corps était la mobilité de leurs atmosphéroïdes qui, dans cet état, sont sphériques ou sphéroïdales, et tournent sans cesse les unes autour des autres.

Le calorique électrique, qui ne traverse que très-difficilement l'intérieur des corps solides, traverse avec la plus grande facilité l'intérieur des corps liquides, et particulièrement l'intérieur de l'eau. L'électricité du conducteur se répand donc dans l'eau du vase, et se répartit d'une manière égale entre toutes les atmosphéroïdes de l'eau, qui reçoivent alors de la circulation du calorique électrique un mouvement plus rapide que leur mouvement naturel.

L'eau électrisée se trouvant plus liquide que l'eau qui ne l'est pas, doit dès lors circuler avec plus de facilité, et s'échapper plus rapidement des ajutages capillaires.

Si les jets qui en sortent sont *divergens*, c'est que les corps homogènes ou hétérogènes, lorsqu'ils peuvent se séparer et qu'ils sont chargés d'une égale quantité d'électricité, sont toujours entr'eux en état de répulsion. Les petits jets d'eau deviennent divergens dans cette expérience, par la même raison qui fait diverger les poils ou les cheveux lorsqu'ils sont électrisés.

Il n'est pas inutile cependant d'observer que les parois des tubes capillaires qui, auparavant l'électrisation, retardaient, par leur puissance attractive, la sortie de l'eau, se trouvent, par l'effet de cette expérience, électrisées au même degré que l'eau; d'où il résulte qu'après l'électrisation de l'eau, les petits tubes sont avec elle en état de répulsion : état extraordinaire et qui détruit, en tout ou en partie, l'effet naturel de la gravitation à petites distances, d'où résulte la capillarité.

« Deux vases étant égaux et remplis d'un même liquide, si l'on électrise l'un d'eux, le liquide électrisé s'évaporera plus promptement que le liquide qui ne l'est pas. »

Ce phénomène est dû à la même cause qui produit le phénomène précédent.

Les atmosphéroïdes d'un même liquide dans leur état naturel, ont une égale viscosité, c'est-à-dire, une égale adhérence entr'elles. L'électricité occasionne un mouvement extraordinaire qui rompt cette adhérence; et comme une molécule liquide ne peut s'échapper sous

forme de gaz, qu'en rompant les liens qui ~~la retiennent~~ l'a Pouchet aux autres molécules, la cause qui détruit ces liens ou qui diminue leur force, doit être favorable à l'évaporation.

Tous les corps sont doués de la quantité d'électricité qui constitue leur électricité naturelle, c'est-à-dire, celle qui est nécessaire pour qu'ils soient en équilibre électrique avec les corps environnans. La loi est la même, à cet égard, pour les solides, les liquides et les fluides; mais, dans le changement d'état des corps, il s'opère un changement, non-seulement dans les capacités électriques et dans la qualité plus ou moins conductrice de l'électricité, mais encore dans la manière dont se fait la distribution de l'électricité; les corps solides ne la contiennent ordinairement qu'à leur surface; au lieu que les liquides et les fluides contiennent l'électricité à la surface de leurs atmosphéroïdes moléculaires; et lorsqu'ils la transmettent, c'est toujours à travers leur intérieur : effet qui est évident pour les fluides, et qui est également réel, quoique non évident, pour les liquides.

249. « Les changemens qui surviennent dans la forme des corps, se combinent toujours avec les effets électriques; ainsi, lorsque de l'eau est vaporisée ou condensée, les corps en contact avec ce liquide deviennent électriques. Si, par exemple, on place sur un électromètre une plaque fortement échauffée, et qu'on laisse tomber sur cette plaque une goutte d'eau; au moment où ce liquide se vaporisera, l'électromètre indiquera l'électricité négative.

« Le soufre qui a été fondu devient fortement électri-

que pendant qu'il se fige, etc. ». (*Traité de Chimie* de Davy, n.° 19.)

S'il est vrai, comme je le suppose, que l'électricité et le calorique ne soient qu'un seul et même fluide, il n'est pas étonnant que le changement d'état des corps, en augmentant ou diminuant leur capacité calorique, augmente ou diminue leur capacité électrique; et que la même loi qui force le calorique de s'écouler vers le point de l'espace où la pression est moindre, entraîne tout-à-la-fois le calorique sensible et le calorique électrique.

L'électricité, qui n'habite ordinairement que la surface des solides, habite tout-à-la-fois la surface et l'intérieur des liquides et des fluides.

Dans l'expérience citée, la goutte d'eau vaporisée s'empare de l'électricité de la plaque chaude, et cette électricité, absorbée par la vapeur, satisfait, à cet égard, aux lois de l'équilibre, qui n'admettent aucune distinction entre le calorique sensible et le calorique électrique.

Le soufre fondu, lorsqu'il se fige, dégage du calorique sensible et se couvre d'électricité, parce que ce calorique dégagé ne pénètre que très-lentement à travers l'air.

L'eau, en se vaporisant, perd à-la-fois sa chaleur et son électricité.

Le calorique sensible ne peut fondre la glace sans être absorbé par l'eau qui le convertit alors en calorique électrique, et la température de l'eau ne commence à s'élever qu'après qu'elle s'est mise en équilibre électrique avec les corps environnans.

Les vapeurs qui sortent de la terre et qui sont alors avec sa surface en équilibre électrique, s'électrisent négative-

ment lorsqu'elles se dilatent, et positivement lorsqu'elles se condensent en pluie.

Si quelque chose peut étonner dans cette concordance des faits avec la théorie, c'est qu'un système si simple et si facile à imaginer soit entièrement nouveau.

« On a construit une machine électrique particulière qui peut fournir des étincelles pendant un temps indéfini.

« Cette machine, connue sous le nom d'*électrophore*, consiste en un plateau de résine et un disque de cuivre.

« On commence par frapper la résine avec une peau, ce qui l'électrise négativement; on la couvre ensuite avec la plaque de cuivre, qui est isolée au moyen d'une colonne de verre qui lui sert de manche; on pose le doigt sur le disque de cuivre; on retire le doigt; on enlève le disque; il donne une étincelle positive; on le replace sur a résine; après l'avoir touché de nouveau, on le retire encore; il donne une nouvelle étincelle et l'effet se continuera tout aussi long-temps qu'on renouvellera cette manœuvre. »

La résine, frottée par un corps non conducteur, se trouve privée d'une partie de son électricité naturelle; on la lui rend en la couvrant avec la plaque de cuivre, que l'on met, à l'aide du doigt, en communication avec le réservoir commun.

Ce réservoir inépuisable permet à l'électricité naturelle du cuivre de s'unir à celle de la résine, et il se forme alors entre les deux surfaces du cuivre et de la résine une électricité commune qui se trouve dans le cas de

toutes les électricités intermédiaires, c'est-à-dire, qui se partage inégalement entre deux corps lorsqu'on les sépare brusquement. La surface du cuivre, dont la capacité électrique est plus grande que celle de la résine, s'empare de la plus grande partie de l'électricité commune et se trouve en état d'électricité positive, tandis que la surface de la résine se trouve, comme auparavant, en état d'électricité négative.

Le cuivre ayant donné son étincelle, se trouve réduit à son électricité naturelle.

En le replaçant sur la résine, et en mettant de nouveau, à l'aide du doigt, le cuivre en communication avec le réservoir commun, on rend à la résine son électricité naturelle que le cuivre lui enlève encore au moment de la seconde séparation brusque; et la cause étant perpétuellement la même, l'effet doit être perpétuellement le même (1).

---

(1) La théorie de cet instrument n'est pas si simple dans les écoles.

On a fait croire d'abord aux jeunes étudians, qu'il existait dans les corps deux fluides électriques, l'un vitré, l'autre résineux; que ces deux fluides, lorsqu'ils étaient séparés, agissaient à-peu-près l'un comme l'autre; et que, lorsqu'ils étaient réunis, ils se neutralisaient et ne produisaient plus aucun effet sensible.

Voici maintenant l'application de cette doctrine au mécanisme de l'*électrophore*.

(Le passage suivant est extrait mot à mot du plus moderne et du plus estimé des livres classiques, dont l'auteur s'explique ordinairement avec la plus grande clarté:)

» Au moment où on place le disque métallique sur le pla-

250. « Volta a inventé un autre instrument électrique, auquel il a donné le nom de *condensateur*.

« Cet instrument qui n'est autre chose qu'un électrophore dans lequel on substitue un plateau de marbre à un plateau de résine, jouit de la propriété de recevoir et de conserver les plus petites quantités d'électricité ; de manière que lorsqu'on enlève de dessus le marbre, il devient capable de donner une étincelle. On croit généralement que l'étincelle qu'il donne est le résultat de l'accumulation de ces petites quantités. »

Je considère la propriété dont jouit le *condensateur*

---

teau qu'on a électrisé, le fluide résineux de ce plateau attire à lui le fluide vitré du disque métallique, lequel, ne pouvant passer dans la résine dont la nature est idio-électrique, reste sur la surface inférieure du disque. Le fluide résineux de celui-ci se trouve repoussé en même temps vers la surface supérieure. Or, le disque n'ayant ici que sa quantité naturelle de fluide électrique, qui seulement est décomposée, son fluide résineux agit par cela seul plus fortement sur le doigt en contact avec ce même disque, que le fluide vitré qui est à une plus grande distance. Mais cette action est encore aidée par celle du fluide de même nom qui appartient à la résine ; et ainsi, le fluide vitré qui fait partie du fluide naturel renfermé dans le doigt, sera attiré par le disque métallique et s'unira avec le fluide résineux répandu sur la surface supérieure : donc, si après avoir retiré le doigt, on enlève le disque métallique, celui-ci se trouvera à l'état d'électricité vitrée ; après quoi il est *facile* de concevoir tout le reste. »

comme étant due à la différence de capacité électrique qui se trouve entre la surface du cuivre et celle du marbre, et à la qualité médiocrement conductrice du marbre.

Le cuivre, placé sur le marbre, n'est point isolé; mais il n'est pas non plus en communication facile avec le réservoir commun. Le marbre partage avec le cuivre les petites quantités électriques que le cuivre reçoit. Ces quantités s'écoulent, avec beaucoup de lenteur, vers le réservoir commun; elles y parviennent enfin, et l'équilibre se rétablit entre le cuivre et le marbre. Mais comme ce mouvement ne peut avoir lieu, sans qu'il se produise entre les deux surfaces en contact une couche d'électricité commune, cette électricité commune au moment de la brusque séparation du cuivre et du marbre, se partage inégalement; le cuivre en emporte la plus grande partie, et il se trouve électrisé postitivement comme dans le cas précédent.

Mais si on le remettait sur la table de marbre, en le touchant comme l'électrophore, il ne donnerait plus, comme l'électrophore, une seconde étincelle; parce que la surface du marbre est assez conductrice pour réparer en peu de temps le vide électrique occasionné par la séparation du métal et du marbre.

Avant de terminer cet article, je crois utile de présenter quelques réflexions qui s'appliquent, tant à l'électrophore et au condensateur, qu'à l'électricité qu'on obtient directement à l'aide du frottement.

Si vous posez un disque de cuivre, soit sur du marbre, soit sur de la résine, quelque soit le temps que les deux corps restent en contact et quoiqu'ils soient tous deux isolés

ils pourront être séparés brusquement, sans qu'il en résulte aucune électricité, parce que les deux électricités naturelles n'ont été que *superposées* et non pas confondues en une électricité commune aux deux surfaces ; et comme il est même resté entr'elles, dans ce cas, une couche d'air qui les a plus ou moins isolées, chaque surface a dû conserver, au moment de la séparation, l'électricité qui lui appartenait, et qui se trouvait séparée par une couche d'air de l'électricité du corps voisin.

Pour qu'il y ait électrisation entre deux corps isolés qui se séparent brusquement, il faut nécessairement qu'il ait été opéré, avant leur séparation, un mélange entre leurs deux électricités naturelles.

Or, ce mélange que l'on opère ordinairement à l'aide du frottement, s'opère sans frottement dans les circulations électriques de l'électrophore et du condensateur. Il n'est donc pas étonnant que l'effet de la séparation brusque soit le même dans les trois cas, et que la surface qui a le plus de capacité électrique soit toujours celle qui s'électrise positivement.

Les surfaces des corps cèdent avec la plus grande facilité leur électricité naturelle qui n'est qu'un calorique parasite sur lequel la gravitation n'exerce qu'une très-faible puissance et qui ne reste à la surface des corps que parce qu'il y est retenu par le poids de l'atmosphère. Si donc l'on exclut l'air intermédiaire, n'importe par quel moyen, l'electricité des deux surfaces en contact devient une électricité commune qui, dans le cas d'une brusque séparation, doit se porter en plus grande abondance vers la surface qui l'attire davantage, parce qu'alors cette attraction qui était une cause faible, de-

vient une cause unique et doit seule décider de quel côté se trouvera la plus forte part dans le partage de la chose commune.

C'est à cette indifférence de l'électricité naturelle et au peu de pouvoir qu'exerce sur elle l'attraction des surfaces, que l'on doit attribuer l'état négatif dans lequel se mettent toujours les corps qui transmettent au réservoir commun l'électricité de l'atmosphère électrique d'un conducteur; et l'on a vu par tous les exemples précédens, que lorsqu'une fois l'électricité naturelle d'un corps se trouvait en communication avec l'électricité artificielle, celle-ci entraînait toujours avec elle l'électricité naturelle et occasionnait toujours après la cessation de son écoulement un courant rétrograde.

251. « Ce courant rétrograde que l'on a nommé *choc en retour*, a produit, selon moi, deux phénomènes, dont l'un a beaucoup embarrassé les physiciens, et dont l'autre les a induits en erreur.

« Le premier est la difficulté que l'on éprouve à décharger complettement une batterie électrique, et le second est le double rebord que présente le trou fait dans une carte ou dans plusieurs feuilles de papier par la décharge d'une batterie électrique. »

La batterie électrique semblable au nuage orageux, ne peut foudroyer la terre sans électriser négativement tous les conducteurs qui se trouvent dans la direction du torrent électrique. Le réservoir commun doit donc, immédiatement après l'explosion, rendre à ces conducteurs leur électricité naturelle; mais il arrive alors, ce

qui arrive dans toutes les oscillations ; le courant rétrograde s'accélère en raison du refoulement qu'a produit la batterie, et c'est cette accélération qui est cause que la batterie reçoit l'étincelle du choc en retour et qu'après s'être déchargée en entier, elle retrouve dans cette étincelle une petite partie de la charge qu'elle a perdue.

La batterie ou la bouteille de Leyde doit donc toujours donner une seconde décharge ; et comme cette seconde décharge n'est pas elle-même complette, parce qu'elle produit aussi un choc en retour, l'équilibre ne peut être rétabli qu'après plusieurs décharges dont l'intensité suit une progression décroissante, et très-rapide.

Lorsqu'on fait passer l'étincelle d'une forte batterie à travers une ou plusieurs cartes, elle y produit un trou, et comme ce trou se trouve avoir deux bavures, l'une du côté de la batterie, l'autre du côté opposé, on a imaginé qu'il y avait alors croisement entre le fluide résineux et le fluide vitré.

Mais si l'on admet la vérité de l'explication précédente, on conçoit que l'électricité qui, à cause du choc en retour, passe et repasse dans un temps très-court par le même trou, doit former une double bavure : la bavure produite par le courant direct, doit seulement être plus forte que celle qui est produite par le courant rétrograde ; ce qui est conforme à l'observation

Il est facile de s'assurer par ses propres yeux que, dans ce cas, il ne sort aucun fluide du conducteur négatif, ou, ce qui revient au même, de l'excitateur en communication avec le réservoir commun.

Placez une carte entre les deux conducteurs ; après les

avoir disposés de manière à ce qu'ils ne soient pas en regard; mais que le conducteur positif soit placé vers l'une des extrémités de la carte, et le négatif vers l'autre extrémité.

Au moment de la décharge, il part du conducteur positif une étincelle très-vive, qui coule sur la carte jusqu'au-dessus du point sous lequel se trouve le conducteur négatif; et c'est à ce point que la carte est trouée: preuve manifeste que l'action appartient entièrement au conducteur positif.

« Pour atténuer la conséquence qui résulte de cette expérience, M. Trémery a imaginé de provoquer la décharge dans le récipient d'une machine pneumatique, après y avoir dilaté l'air jusqu'à un certain degré; et il a observé que, dans ce cas, le trou ne se faisait point au-dessus du conducteur négatif, mais dans la distance intermédiaire; tellement que, lorsque l'air du récipient ne tenait plus en suspension que cinq pouces deux lignes de mercure, le trou s'est fait au milieu de la distance qui séparait les deux conducteurs. M. Trémery a conclu de cette expérience que le fluide résineux et le fluide vitré faisaient chacun la moitié du chemin. »

Cette expérience ne prouve rien autre chose, sinon que le fluide lancé par le conducteur positif obéit, comme tous les mobiles, à la grande loi de la moindre résistance.

Celle que la carte lui présente est proportionnelle au poids des deux colonnes d'air entre lesquelles elle se

trouve ; poids qui dans l'état ordinaire des choses, est assez fort pour forcer le fluide à couler sur la carte, jusqu'à ce que la très-petite distance explosive qui se trouve entre le fluide et le conducteur négatif redoublant la puissance du fluide, lui permette de déchirer la carte.

Mais sous la machine pneumatique, la pression de l'air qui faisait toute la force de la carte, s'étant trouvée moindre, elle a cédé un peu plus tôt. Lorsqu'ensuite la pression est devenue à-peu-près nulle, la carte a cédé vers son milieu ; et le fluide qui auparavant avait été forcé de prendre le chemin le plus long, parce qu'il était le plus facile, a pris le chemin le plus court, parce que rien ne s'y opposait.

On peut, au surplus, prouver par une expérience très-simple, que dans la décharge qui rétablit l'équilibre entre deux conducteurs, il ne s'échappe qu'un seul fluide, et que ce fluide provient de celui des deux conducteurs qui est électrisé positivement.

Si vous placez à distance explosive du conducteur positif d'une machine en activité, un conducteur en communication avec le réservoir commun, vous aurez une série d'étincelles.

Si vous placez ensuite la flamme d'une bougie entre les deux conducteurs, et que la machine soit activée de manière à fournir toujours des étincelles, la température du conducteur négatif s'élevera, et celle du conducteur positif ne s'élevera pas, ou ne s'élevera qu'à la même hauteur où elle se serait élevée, si, lorsque ce conducteur n'était pas électrisé, on eût approché la même flamme à la même distance.

En raisonnant par analogie, on avait pensé que l'électricité de l'intérieur d'une bouteille de Leyde s'accumulait sur la surface des grains de plomb ou des feuilles de cuivre que renferme l'intérieur de la bouteille. L'expérience suivante a prouvé que l'électricité d'une bouteille de Leyde appartenait entièrement, soit à la surface, soit à l'intérieur du verre.

« Si, après avoir disposé, en la manière ordinaire, l'extérieur d'un vase de verre cylindrique, on introduit dans ce vase un cylindre de métal de même diamètre, la bouteille de Leyde se chargera, et donnera une commotion proportionnelle à la surface du vase.

« Mais si, avant de décharger la bouteille, on retire le cylindre de métal, on éprouvera que ce cylindre ne donnera aucun signe d'électricité, et que, quoiqu'alors il n'existe plus dans l'intérieur de la bouteille aucune garniture métallique, elle produira par sa décharge une commotion aussi forte que celle qu'elle aurait produite si on y eût laissé le cylindre. »

La garniture métallique de l'intérieur d'une bouteille de Leyde, se charge de l'électricité, et la transmet au verre. Il s'établit dès lors une couche commune d'électricité entre la surface du métal et celle du verre.

Si, dans ce cas, la garniture extérieure est en communication avec le réservoir commun, une portion de l'électricité intérieure s'infiltrera à travers l'épaisseur du verre et s'écoulera dans le réservoir commun, en entraînant avec elle l'électricité naturelle de la garniture extérieure et celle de la surface extérieure du verre.

La portion de l'électricité intérieure qui ne s'écoulera pas à travers le verre, servira à charger la bouteille. Cette portion se trouvera donc former entre le métal et le verre, une couche très-dense, et dont la plus grande partie sera engagée dans la porosité du verre.

Si ensuite, en prenant les précautions convenables pour ne pas décharger la bouteille, vous retirez le métal intérieur, vous ne changez rien à la condition de l'appareil. Ce métal qui, comme bon conducteur, a reçu et répandu uniformément l'électricité sur la surface du verre, sortira de la bouteille avec sa seule électricité naturelle, parce que dans ce cas l'électricité additionnelle est attirée beaucoup plus fortement par le verre, qui la retient à-la-fois en vertu de l'attraction des molécules de sa surface et en vertu de l'attraction de ses molécules intérieures, qu'elle n'est attirée par les molécules de la surface du métal.

L'électricité accumulée restera donc, comme auparavant, retenue tant sur le verre que dans la porosité du verre par le poids de l'atmosphère et l'attraction des molécules du verre; et lorsqu'il s'ouvrira un canal, la totalité de cette électricité accumulée s'y précipitera, et produira un effet proportionnel à sa masse et à sa vitesse.

Découverte du fluide galvanique.

252. La pile de Volta est devenue, pour les sciences, un instrument beaucoup plus précieux que les machines électriques ordinaires. Tout cet appareil de plateaux, de conducteurs et de batteries a disparu. Quelques disques de métal forment une colonne paisible en apparence,

mais il y réside une puissance beaucoup plus énergique que dans une batterie électrique ; et l'on a vu un métal, que la plus forte décharge électrique pouvait à peine élever à la température de l'eau bouillante, fondre dans la flamme voltaïque comme la cire dans celle d'une bougie.

La plus simple de toutes les causes produit cet effet terrible ; et aucun de ceux que l'on admire dans cet appareil n'aurait lieu, si la nature n'avait mis une petite différence entre les capacités électriques des divers métaux.

En 1767, Sulser rendit compte d'une expérience qui est aujourd'hui bien connue. On prend deux pièces de deux métaux différens, tels que le plomb et l'argent. On en place une sur la langue et l'autre dessous, de manière à ce qu'elles en dépassent le bout ; puis on les incline l'une vers l'autre par leurs extrémités saillantes, jusqu'à ce qu'elles se touchent. Au moment du contact, on éprouve une saveur stiptique, semblable à celle du sulfate de fer : quelques individus éprouvent en outre un léger éblouissement.

En 1789, un étudiant en médecine, de Bologne, était occupé à disséquer une souris vivante qu'il tenait d'une main dans une position fixe, lorsqu'ayant touché un des nerfs avec son scalpel, il ressentit aussitôt une commotion semblable à celle que produit l'électricité.

Peu de temps après, un nouveau phénomène se présenta, et d'une manière également inattendue, chez Galvani, professeur d'anatomie dans la même ville.

On avait placé sur une table où se trouvait une machine électrique, des grenouilles écorchées qu'on destinait à

faire des bouillons. Un élève s'avisa d'approcher la pointe d'un scalpel des nerfs cruraux de l'un de ces animaux; à l'instant tous les muscles de la grenouille éprouvèrent de fortes convulsions. Un autre élève crut avoir remarqué que cet effet avait eu lieu au moment où l'on tirait une étincelle du conducteur de la machine électrique. Galvani répéta l'expérience, tantôt en faisant concourir l'étincelle électrique avec l'application de la pointe du scalpel sur les nerfs de la grenouille, tantôt en employant séparément, soit l'action de la machine, soit celle du scalpel; et il vit que les contractions n'avaient plus lieu dans ce dernier cas, et que l'étincelle suffisait pour les faire naître.

Galvani varia l'expérience de plusieurs manières, et toutes ses tentatives ne servirent qu'à manifester l'extrême susceptibilité des animaux à sang froid, relativement à l'action électrique.

Mais un jour qu'il tenait une grenouille suspendue par la moelle épinière à un crochet de cuivre, il lui vint dans l'idée de presser ce crochet contre les barreaux de fer d'un balcon, et, en répétant cette opération, il vit plus d'une fois les muscles de la grenouille entrer en contraction.

Cette expérience donna lieu à beaucoup d'autres dont on peut lire le détail dans le rapport fait par M. Hallé à la classe des sciences physiques et mathématiques, au nom de la commission nommée pour examiner et vérifier les phénomènes du galvanisme.

Beaucoup d'expériences furent faites; des théories plus ou moins ingénieuses furent proposées; mais ce fut Volta qui découvrit que, dans ces expériences, ce n'était

pas le fluide nerveux de la grenouille qui était l'agent, et qu'il ne servait qu'à manifester un effet dont la cause principale résidait dans l'électricité naturelle des différens métaux qui, lorsqu'ils étaient rapprochés, se constituaient en état d'électricité négative et positive.

Le zinc et le cuivre étant ceux dont la réunion produisait l'effet le plus marqué, il imagina la pile qui porte son nom : appareil à l'aide duquel il est parvenu à produire une électricité perpétuelle et dont la puissance est indéfinie.

De la pile voltaïque.

253. Ce qu'on appèle *élément* de la pile voltaïque, est une plaque de cuivre sur laquelle est appliquée ou même soudée une plaque de zinc de même forme.

Pour composer une pile, il ne s'agit que de mettre les uns sur les autres un certain nombre de ces élémens, en plaçant, entre chacun d'eux, un carton imbibé d'eau, ou un morceau de drap mouillé, ou tout autre conducteur humide ; car, sans cette précaution, mille élémens superposés ne produiraient pas plus d'effet qu'un seul : j'en expliquerai la raison.

Dans les piles voltaïques que l'on fait aujourd'hui à Paris, il n'y a ni drap, ni papier. Elles sont horisontales, renfermées dans une longue boîte, et chaque élément de la pile est séparé de l'autre, par une espace que l'on remplit d'eau (1). Cette eau qui reçoit la pression de l'air,

(1) On se sert, par préférence, d'eau dans laquelle on a fait dissoudre un sel ou un alcali : circonstance qui augmente la qualité conductrice de l'eau, par une raison que j'expliquerai.

la transmet aux surfaces des élémens qui peuvent dès lors conserver leur électricité, si rien ne s'y oppose.

Commençons d'abord par considérer ce qui est arrivé lorsqu'on a soudé une plaque de zinc sur une plaque de cuivre.

Le cuivre étant plus dense que le zinc, doit, toutes choses égales d'ailleurs, exercer une attraction plus forte sur son électricité naturelle, que celle qu'exerce le zinc sur son électricité naturelle. Les deux réservoirs électriques sont pleins ; mais l'électricité est plus pressée dans le réservoir du cuivre que dans le réservoir du zinc ; et lorsque les surfaces de ces deux métaux sont égales, il peut y avoir beaucoup plus d'électricité dans le réservoir du cuivre que dans le réservoir du zinc. Ces deux corps n'en sont pas moins en équilibre électrique avec l'air et avec le réservoir commun, parce que chacun d'eux contient ce qu'il doit contenir d'après sa capacité particulière.

Mais si on applique les deux plaques l'une contre l'autre de manière à n'en former qu'une seule, l'équilibre doit se détruire ; car, puisqu'il y a continuité entre les deux réservoirs, l'électricité plus comprimée dans le réservoir du cuivre que dans le réservoir du zinc est forcée de s'écouler vers la partie de l'espace où elle trouve une moindre résistance; et le partage de l'électricité commune qui a lieu alors en raison des surfaces, et non pas en raison des capacités, se fait par portions égales.

C'est cette répartition égale de l'électricité commune, qui constitue ces deux surfaces entr'elles dans l'état positif et négatif ; car le zinc surchargé d'électricité est disposé

à abandonner son superflu, et le cuivre, au contraire, qui a perdu une partie de la sienne, est disposé à acquérir une quantité égale à celle qu'il a cédée au zinc.

Dans cet état, un corps qui n'a que son électricité naturelle et qui toucherait la surface du cuivre, lui en céderait une petite quantité; mais si, au contraire, il touchait la surface du zinc, ce serait le zinc qui lui en céderait.

Si cette explication est admise, le surplus des phénomènes sera facile à concevoir.

Désignons d'abord, par le nombre 1, la différence de puissance électrique qui se trouve entre la surface cuivre et la surface zinc d'un même élément (1). Cette différence sera désormais invariable, puisqu'elle tient à une cause invariable; et, quelle que soit la quantité d'électricité étrangère que reçoive un élément, il y aura toujours entre la puissance électrique des deux surfaces, une différence égale à 1.

Si donc je considère dans un état d'isolation la base de la colonne, ou l'élément qui commence la pile horisontale, et que je désigne aussi par le nombre 1 l'électricité commune qui s'est partagée entre les deux surfaces de l'élément, je désignerai par le caractère $-\frac{1}{2}$ l'électricité négative du cuivre, et par le caractère $+\frac{1}{2}$ l'électricité positive du zinc. On voit d'abord que ces

(1) Cette partie de l'explication de la cause des phénomènes voltaïques, appartient entièrement à MM. les commissaires de la classe des sciences, chargés de rendre compte de ces phénomènes.

deux caractères se détruisent réciproquement; car, plus une demie moins une demie, égalent zéro. Or, ce zéro indique que l'électricité n'existe que relativement aux deux surfaces, et que, dans son ensemble, l'électricité est nulle par rapport aux autres corps : tellement qu'un conducteur qui toucherait en même temps le cuivre et le zinc, conserverait son électricité naturelle sans augmentation ni diminution.

Mais il se présente un second élément voltaïque, qui a la surface cuivre tournée du côté de la surface zinc du premier élément, et qui n'est séparé de cette surface zinc que par un conducteur humide, c'est-à-dire, par une tranche d'eau (1).

La surface cuivre du second élément qui était négative comme la surface cuivre du premier, reçoit une portion d'électricité de la surface positive zinc; mais elle ne peut la recevoir que sous la condition de partager ce qu'elle reçoit avec la surface opposée qui est zinc, de manière à ce qu'il y ait toujours entre les deux surfaces cuivre et zinc une différence égale à 1; et la surface zinc du premier élément ne peut perdre une portion de son électricité qu'à condition qu'il se fera entr'elle et sa surface opposée, une répartition de l'électricité restante, de manière à ce qu'il y ait toujours entre les deux surfaces une différence égale à 1.

Or, ces deux conditions seront remplies si l'état électrique négatif du cuivre du premier élément augmente

(1) L'eau pure est un conducteur médiocre; mais l'eau salée conduit 750 fois mieux l'électricité que l'eau pure.

du double de la quantité primitive, et devient — 1 ; si la quantité positive de la surface zinc du premier élément est réduite à zéro ; si la surface négative du cuivre du second élément perd la totalité de son électricité négative et devient zéro ; et si enfin la surface positive zinc du second élément acquiert une électricité positive double, c'est-à-dire, devient + 1, au lieu d'être + $\frac{1}{2}$.

On aura alors la progression suivante pour le premier élément «—1 surface cuivre et zéro surface zinc» (différence 1); et pour le second élément « zéro surface cuivre et + 1 surface zinc » (différence 1).

Mais il est important surtout de remarquer ici une des conditions de la pile voltaïque isolée : c'est que l'ensemble de l'électricité qu'elle renferme soit toujours nul par rapport aux autres corps ; et que tout conducteur qui s'appuie en même temps sur ses deux extrémités conserve intacte sa propre électricité.

Ainsi, dans le cas d'une pile formée de deux élémens séparés l'un de l'autre par une tranche d'eau, —1 et + 1 se détruisent, et la somme totale est zéro.

Si, au lieu de deux élémens, vous en supposez six disposés de la même manière, vous aurez la progression suivante :

Premier élément, — 3 + 2 ; deuxième élément, — 2 — 1 ; troisième élément, — 1 + 0 ; quatrième élément, 0 + 1 ; cinquième élément, + 1 + 2 ; sixième élément, + 2 + 3.

On voit que cette progression satisfait à toutes les conditions. La différence entre chaque terme, est toujours le nombre 1 ; et tous les chiffres qui sont à égale distance du milieu zéro, se détruisent réciproquement ; car

+ 3 qui exprime l'électricité positive de la surface positive zinc du sommet de la colonne, est détruit par l'électricité négative — 3, qui est celle de la surface cuivre de la base de la colonne. L'électricité + 2 de la seconde surface du haut de la colonne, est détruite par l'électricité — 2 de la seconde surface de la base de la colonne. Toutes les électricités successives se détruisent également jusqu'au milieu de la colonne où l'on trouve deux surfaces zéro; et l'ensemble de toutes les quantités positives et négatives forme toujours une quantité d'électricité égale à zéro, quel que puisse être le nombre des élémens.

Supposons maintenant le cas où la base cuivre de la colonne serait en communication avec le réservoir commun, on sent qu'alors elle conservera son état naturel, et que, conséquemment, son électricité sera toujours égale à zéro; mais alors la surface zinc du premier élément devra être + 1 pour qu'il y ait entre les deux surfaces de ce premier élément une différence égale à 1; le second élément sera pour le cuivre 1, et pour le zinc 2; le troisième élément sera pour le cuivre 2 et pour le zinc 3, et ainsi de suite à l'infini : il y aura donc, dans ce cas, une électricité absolue qui sera fournie par la terre, et dont la somme croîtra indéfiniment comme le nombre des élémens dont la pile sera composée.

Il a été fait beaucoup d'expériences et de calculs sur les différentes manières dont une pile voltaïque pouvait être formée, et sur la quantité relative d'électricité que les élémens devaient perdre ou acquérir dans les diverses combinaisons dont cette pile était susceptible : on peut en voir les détails dans les livres classiques. Il

me suffira de dire que, suivant la nature des effets que l'on veut produire, on se sert ou d'une pile isolée, ou d'une pile en communication avec le réservoir commun (1). La première produit des effets plus considérables; mais la seconde a l'avantage de conserver plus long temps (2) le même degré d'énergie.

---

(1) On a fait des piles disposées circulairement, et l'on a observé que la circulation y était continue et dans la même direction : ce qui n'est pas étonnant, puisqu'une surface de cuivre, prise au hasard, peut y être considérée comme la base de la pile, et que la communication de cette surface cuivre avec le zinc qui la suit en rétrogradant, lui rend sans cesse l'électricité qu'a acquise cette surface zinc considérée comme sommet de la pile.

M. Zamboni est parvenu à produire des effets très-sensibles à l'aide de l'espèce de papier qu'on appelle *doré* et *argenté*, et qui n'est en effet qu'un papier recouvert, pour l'or, d'une feuille de *cuivre*, et pour l'argent, d'une feuille d'*étain*. Ce physicien a, pour cet effet, réuni deux mille feuilles de ce papier métallique disposé en élémens par le contact des deux métaux : élémens séparés par le papier remplaçant le conducteur humide que l'on place ordinairement entre les élémens. Il a ensuite réuni cet appareil en deux parties dont il a diminué le volume et assuré le contact immédiat à l'aide de la presse. Mais on verra bientôt que le papier ou tout autre conducteur sec ne peut remplacer que très-imparfaitement le conducteur humide.

(2) M. D'Alisseau a observé qu'une pile, après une action continue de 53 jours, n'avait pas diminué de puissance.

La première des expériences importantes qui ait été tentée avec succès à l'aide de cet appareil, a été la décomposition de l'eau.

Déjà l'on avait remarqué qu'un fil de fer d'un petit diamètre, attaché à la base et au sommet de la colonne, rougissait et se fondait; et l'on avait aussi observé qu'une bouteille de Leyde en contact avec la pile, se chargeait au même degré que la pile et produisait les mêmes effets que si elle avait été chargée au même degré avec l'électricité ordinaire. Tous les physiciens considéraient donc dès lors comme une vérité incontestable, que le fluide électrique était de même nature que le fluide voltaïque.

Deux savans anglais, MM. Carlisle et Nicholson, ayant polngé dans l'eau deux fils métalliques, dont l'un communiquait avec le disque supérieur d'une pile ordinaire, et l'autre avec son disque inférieur, aperçurent aux extrémités de ces fils les bulles de deux gaz qui se dégagèrent et qu'ils reconnurent être les mêmes que ceux dont la combinaison forme l'eau.

Pour faire cette expérience, on se sert ordinairement d'un tube recourbé, dont les deux branches sont remplies d'eau jusqu'à une certaine hauteur et fermées avec des bouchons à travers desquels on introduit des fils métalliques. Les extrémités de ces fils sont plongés dans l'eau de manière à laisser entr'elles un certain intervalle. Si l'on se sert d'un conducteur qui ne soit pas oxidable, l'oxigène paraît sous la forme de bulle, à l'extrémité du fil en communication avec le disque supérieur du zinc qui produit l'électricité positive, et l'hydrogène se dégage sous la même forme à l'extrémité du fil en

contact avec le disque inférieur du cuivre qui est dans l'état d'électricité négative : résultat qui est conforme à la théorie établie par MM. Monge et Bertholet, de laquelle il résulte que l'électricité positive a la propriété de dégager l'oxigène plutôt que l'hydrogène.

Carlisle et Nicholson observent que si, dans ce cas, les métaux conducteurs sont oxidables, on ne voit que très-peu de bulles à l'extrémité du fil qui répond au disque de zinc, parce que l'oxigène se fixe sur ce fil en même temps qu'il le fait passer à l'état d'oxide.

On avait remarqué que quand on plongeait les fils dans deux vases séparés, il ne se faisait aucun dégagement de gaz. M. Davy prouva que l'interruption de la décomposition provenait, dans ce cas, de ce que la communication nécessaire pour que la décharge de la pile eût lieu, se trouvait interrompue : il plongea deux doigts d'une même main dans les deux vases, et aussitôt les bulles se montrèrent.

M. Davy imagina, dans la suite, des appareils à l'aide desquels il parvint à prouver que les alcalis fixes et les terres n'étaient que des métaux oxidés. Il obtint en nature les métaux de la soude, de la potasse, de la barite, de la magnésie et de la chaux, et fit faire à la théorie des corps inorganiques les derniers pas vers la vérité.

Pour obtenir ces décompositions, on se sert de l'appareil suivant inventé par M. Davy. On mêle avec de l'eau une petite quantité de sulfate de chaux, c'est-à-dire, qu'on gâche un peu de plâtre. On en fait un creuset dans lequel on met du mercure; on place ce creuset sur une plaque de métal en communication avec le conducteur négatif d'une forte pile, et l'on plonge dans le mercure l'extré-

mité du conducteur positif. Au bout d'une heure ou deux, on s'aperçoit que le mercure n'a plus la même fluidité, et on en conclut qu'il s'est amalgamé avec un nouveau métal. On se procure ce métal en faisant évaporer le mercure, et l'on a soin de conserver le nouveau métal dans l'huile, pour empêcher qu'il ne se combine avec l'oxigène.

Le métal que l'on obtient à l'aide du creuset de plâtre, est le calcium ; si le creuset est fait avec de la potasse ou de la soude, le métal qu'on obtient est alors le potassium ou le sodium (1).

---

(1) M. Davy a fait connaître en 1787 le calcium, le sodium et le potassium ; mais c'est le calcium qu'il a fait connaître le dernier. Sans cette circonstance, on aurait pu croire qu'il aurait été favorisé par le hasard, et qu'ayant voulu tenter l'effet que produirait sur le mercure la circulation du fluide voltaïque, il aurait vu avec étonnement que c'etait le creuset lui-même et non le mercure qui se décomposait.

Il eût été naturel alors que cette découverte l'eût conduit à essayer l'action de la pile voltaïque sur des creusets formés d'autres substances.

Mais, quand bien même la chose serait arrivée ainsi, cela n'ôterait rien à sa gloire ; car Volta n'a rien perdu de la sienne, quoique certainement il n'eût pas inventé la pile si ce qu'on appelle le hasard n'avait pris le soin d'enseigner aux hommes, que les nerfs des animaux éprouvaient un effet extraordinaire lorsqu'ils étaient touchés en même temps par deux métaux différens dans le même moment où ces deux métaux se trouvaient en contact entr'eux.

J'observe, à l'égard de la réduction des nouveaux métaux, que ces métaux, qui d'ailleurs ont tous les caractères qui doivent les faire reconnaître pour tels, sont beaucoup plus légers que les métaux anciennement connus, et qu'il y en a même un d'entr'eux (le sodium) qui est plus léger que l'eau; et je conclus de cette observation que, dans toutes les expériences de M. Davy, la désoxidation des métaux était due à l'état d'électricité négative dans lequel l'oxigène s'était placé, en se combinant avec ces divers principes. Déjà les chimistes reconnaissent l'influence qu'a sur l'oxigène l'électricité positive; et s'il est vrai, comme il y a tout lieu de le présumer, que l'oxigène soit la plus dense des molécules constituantes des corps, il n'est pas étonnant qu'en se combinant, par exemple, avec l'hydrogène qui est le plus léger de tous les corps pondérables, il en soit résulté un élément voltaïque, dans lequel le moins dense des deux principes ait été constitué en état d'électricité positive (1).

La décomposition de l'eau soumise au courant d'une pile voltaïque est donc le seul phénomène qu'il soit nécessaire d'expliquer.

Or, voici comment cette décomposition a dû s'opérer.

La molécule d'eau la plus rapprochée du conducteur

---

(1) Je dois rappeler à cet égard ce que j'ai dit en expliquant la cause des diverses capacités électriques; elles sont presque toujours proportionnelles à la densité, mais elles n'en dépendent pas uniquement, et les formes relatives des atmosphéroïdes contribuent aussi à cet effet, en augmentant

positif, se sera naturellement tournée de manière à présenter l'oxigène à ce conducteur. L'oxigène négatif aura reçu l'électricité qu'il aura partagée avec l'hydrogène ; celui-ci qui était déjà à l'état positif et qui s'est trouvé surchargé d'une nouvelle électricité, aura attiré l'oxigène de la molécule voisine, auquel il aura transmis son électricité surabondante et de plus celle de l'oxigène en contact avec le conducteur positif. L'oxigène en contact aura donc reçu une nouvelle charge de l'électricité, qu'il aura de nouveau transmise et perdue.

Le contraire sera arrivé à la molécule d'eau placée du côté du conducteur négatif ; cette molécule se sera tournée pour présenter au conducteur l'hydrogène qui aura donné à ce conducteur, de l'électricité aux dépens de l'oxigène ; celui-ci aura alors repris cette électricité à l'hydrogène d'une autre molécule, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la chaîne ait été formée entre les molécules d'eau. Dans cet état, tous les élémens de la chaîne étant liés entre eux, et les deux bouts se trouvant entraînés en sens contraire par l'attraction électrique des conducteurs, il a fallu que la chaîne se brisât ou que l'eau fût décomposée; et comme l'attraction réciproque de l'oxigène et de l'hydrogène d'une même molécule d'eau, s'est trouvée moins

---

minuant l'attraction moléculaire. L'hydrogène, qui est de tous les corps celui dont les molécules sont les moins denses, se trouve dans toutes les combinaisons à l'état négatif ; mais il est à l'état positif dans la combinaison avec le métal appelé *tellure*, quoiqu'il soit très-probable que les molécules du tellure soient plus denses que celles de l'hydrogène.

forte que l'attraction électrique qu'exerçaient entr'elles les molécules ~~constituantes~~ intégrantes de l'eau, il a dû y avoir décomposition (1) : or, cette décomposition a dû être continuée indéfiniment, parce qu'après chaque décomposition partielle, la molécule d'eau gazéifiée a dû être remplacée par une autre.

La même cause qui a enlevé l'oxigène à l'eau, a dû l'enlever aux oxides métalliques dont les molécules constituantes se sont trouvées dans un état d'électricité relative; et il y a lieu de croire que les oxides qui ont résisté à cette épreuve, étaient ceux de quelques métaux plus denses que les métaux réductibles par l'action de la pile.

L'eau et les substances combinées avec l'oxigène, ne sont pas seulement des sujets sur lesquels l'électricité voltaïque exerce sa puissance; elles forment une partie constituante de la machine elle-même.

C'est une chose digne de remarque, que le conducteur interposé entre les surfaces correspondantes de deux élémens doive toujours être humide. L'eau est un conducteur très-médiocre de l'électricité, car on a évalué à quatre millions la différence de propriété conductrice qui existe entre le fer et l'eau distillée; et il ne faut pas croire que,

---

(1) MM. Vanmarum et Wollaston sont parvenus à décomposer l'eau à l'aide de l'électricité ordinaire. Mais l'oxigène et l'hydrogène se sont dégagés également de l'extrémité des deux conducteurs positif et négatif: différence que j'attribue à l'extrême rapidité avec laquelle s'échappe l'électricité ordinaire qui imprime aux molécules de l'eau un tourbillonnement incompatible avec l'arrangement régulier de ses molécules.

dans cet appareil, un conducteur médiocre soit l'équivalent d'un bon conducteur ; car les dissolutions salines ou alcalines qui augmentent sept ou huit cents fois la propriété conductrice de l'eau, augmentent considérablement la puissance des appareils.

Plusieurs physiciens ont essayé de remplacer l'eau par des conducteurs secs : la pile n'a produit alors que de faibles effets, et M. Davy paraît même convaincu que ces faibles effets étaient dus à l'eau que contenaient les conducteurs secs, soit en nature, soit à l'état de combinaison (Hydrure.)

Cette nécessité d'un conducteur humide m'a paru facile à expliquer, d'après ce que je viens de dire sur la décomposition de l'eau et de quelques oxides métalliques.

Puisque les molécules de l'eau sont composées de deux principes qui, comme le cuivre et le zinc, ont des capacités électriques différentes et dont, conséquemment, l'électricité, ou ce qui revient au même, le calorique atmosphéroïdal ne peut être sous une pression uniforme, sans que l'équilibre de capacité ne soit rompu, il en résulte que chaque molécule du conducteur humide est un élément voltaïque.

Il est déjà reconnu que, dans cet appareil, ce n'est jamais le cuivre, mais toujours le zinc qui se trouve oxidé. Le cuivre négatif attire donc l'hydrogène de l'eau, qui est positif, tandis que le zinc positif attire l'oxigène de l'eau, qui est négatif.

Mais la chose ne peut être ainsi sans qu'il s'établisse, dans l'intérieur de l'eau, des millions de chaînes continues et parallèles formées par les molécules de l'eau intermé-

diaire dont les principes, qui se trouvent dans un état opposé d'électricité, sont réciproquement adhérens.

Si l'on ajoute à l'eau des sels qu'elle peut dissoudre et qui augmentent son poids sans augmenter son volume, comme ces sels dont la base est un oxide métallique, sont eux-mêmes le résultat d'une combinaison qui les constitue en état d'électricité relative, ils deviennent de nouveaux élémens voltaïques qui tournent leurs métaux positifs du côté du cuivre, et leur oxigène négatif du côté du zinc.

Quant à l'ammoniac, qui fait ordinairement partie des dissolutions, et qui est composé d'hydrogène et d'azote, il y a tout lieu de croire, vu la différence de densité de ces deux principes, qu'ils sont également en état d'électricité relative, et que c'est l'azote qui est négatif.

Je pense donc que ce que les chimistes appèlent conducteur humide, pourrait bien n'agir pas seulement dans la pile comme conducteur, mais agir aussi comme puissance, et il serait dès lors utile au perfectionnement de cette machine, que l'on multipliât les essais, non-seulement sur la nature des sels dont la dissolution produit le plus d'effet, mais encore sur l'étendue qu'il serait possible de donner à la distance qui sépare les élémens; car, en augmentant l'étendue de l'espace qui contient l'eau intermédiaire (1), on pourrait peut-être augmenter la force de la machine sans augmenter le nombre des élémens.

---

(1) Il serait utile, dans tous les cas, de couvrir l'eau d'une couche d'huile, pour éviter la perte d'électricité qui peut occasionner l'évaporation insensible. M. Davy a observé dans le grand appareil dont je parlerai bientôt, que

C'est une singularité digne de remarque, que l'humidité de l'air qui détruit si promptement l'électricité des conducteurs ordinaires, ne produise aucun effet sensible sur l'électricité voltaïque, lorsque les piles n'ont qu'une force médiocre.

Cette différence a pour cause la propriété qu'ont les molécules de l'eau de se polariser en recevant l'électricité, propriété qui doit être plus grande dans l'eau vaporisée, à cause de sa plus grande mobilité.

J'approche d'un conducteur un vase plein d'eau bouillante ou une bougie allumée, et, dans les deux cas, il s'élève une colonne de vapeurs qui se distribue promptement dans les atmosphéroïdes de l'air.

Il est aisé de concevoir que, dans ce cas, la vapeur récemment formée enlève en même temps aux corps environnans le calorique électrique et le calorique sensible.

Mais ce même effet a lieu lorsque le conducteur est électrisé négativement, et il a lieu aussi lorsque l'air est humide, quoiqu'il contienne alors la vapeur aqueuse dans un état d'équilibre de température et d'électricité.

Cette puissance de la vapeur aqueuse est donc due à une autre cause qu'à son appétit électrique ou calorique.

La décomposition de l'eau par la pile voltaïque donne la clef de cette énigme.

---

l'on ne pouvait s'approcher des divers segmens de cet appareil sans éprouver une commotion. Je présume que cet effet est dû à l'expansion de la vapeur aqueuse, et qu'on l'éviterait en couvrant la surface de l'eau d'une substance qui s'opposerait à son évaporation.

Si l'électricité du conducteur est positive, les molécules de la vapeur tournent leur oxigène du côté du conducteur ; celles de ces molécules qui se trouvent au premier rang, transmettent l'électricité aux molécules du second rang, qui, pour la recevoir, présentent aussi leur oxigène. La chaîne s'établit entre les molécules de la vapeur, qui se transmettent l'électricité à mesure qu'elles la reçoivent ; l'atmosphère électrique se trouve désélectrisée, et l'électricité du conducteur s'échappe par la même route.

Si le conducteur est négatif, toutes les molécules de la vapeur aqueuse se tournent de manière à présenter au conducteur leur hydrogène, c'est-à-dire, leur côté positif. L'électricité que perdent alors les molécules du premier rang, leur est rendue par celle du second rang, et ainsi de suite. L'électricité abonde dans l'atmosphère électrisée négativement ; le conducteur la reçoit, et il perd son état négatif.

Mais l'électricité voltaïque n'est point sensible à l'effet de l'humidité de l'air, parce que son état électrique, nul pour les corps environnans, est concentré entre ses élémens qui sont constitués entr'eux dans un état d'équilibre. C'est en vain que la moitié supérieure de la pile est surchargée d'électricité ; elle ne peut rien donner aux autres corps, parce qu'elle ne pourrait donner qu'en augmentant l'état négatif de la moitié inférieure. C'est également en vain que la moitié inférieure tenterait de réparer ses pertes aux dépens des corps voisins, la moitié supérieure s'y opposerait, parce que cette moitié supérieure serait forcée alors de prendre sa part dans la nouvelle électricité, et

qu'elle se trouve, à cet égard, dans un état de saturation qui ne lui permet plus de rien acquérir.

Mais comme celui des élémens de la base qui éprouve la plus grande privation, n'est pas dans un état absolu d'isolation, il enlève aux corps non conducteurs qui le touchent le peu d'électricité qu'ils peuvent donner, tandis que l'élément du sommet, qui est le plus surchargé, rejette sur les corps voisins l'excès d'électricité qui lui est transmis par suite des petites acquisitions que fait l'élément de la base.

Voilà pourquoi le fût de la colonne voltaïque ne produit aucun effet sur l'électromètre, tandis que la base et le sommet produisent sur cet instrument un effet sensible.

Si l'on met la base en communication avec le réservoir commun, le système électrique de la pile devient différent : l'élément de la base conserve son électricité naturelle ; les élémens de la moitié inférieure, qui étaient à l'état négatif, se constituent à l'état positif ; l'électricité positive de la moitié supérieure augmente ; et comme le rapport reste le même entre les élémens voisins et entre le cuivre et le zinc de chaque élément, l'électricité totale de la pile reste, comme auparavant, à l'état d'équilibre de saturation, et elle ne produit pas, sur l'électromètre, un plus grand effet que dans le cas où la pile était isolée. Il est donc indifférent à l'effet que peut produire une pile d'une force médiocre, que l'air soit ou non privé en partie, par l'abondance des vapeurs aqueuses, de sa propriété non conductrice. Je dis *d'une force médiocre*, parce que, dans un appareil dont les élémens sont d'un très-grand diamètre, l'électricité, contrariée par

la lenteur des communications, s'échappe en partie à travers l'air humide.

La même perte a lieu dans les appareils où l'on a substitué des conducteurs secs aux conducteurs humides, parce qu'alors l'électricité qui ne passe qu'avec difficulté d'un élément à l'élément voisin, tend à s'échapper latéralement. Voilà pourquoi la pile sèche de M. Zamboni, dont la puissance est très-médiocre, produit sur l'électromètre un effet beaucoup plus sensible que les piles les plus fortes.

« Pour augmenter la commotion qu'on reçoit en touchant en même temps les deux extrémités de la pile, il faut avoir la précaution de se mouiller les mains. »

L'activité que reçoit dans ce cas le fluide de la pile, est due, selon moi, à la vapeur aqueuse que la chaleur naturelle développe et qui, formant un nombre indéfini de cônes divergens, dont les bases s'appuient sur le conducteur, aspire l'électricité par une multitude de suçoirs, et la fait converger au sommet des cônes, c'est-à-dire, sur la main de l'observateur.

« On a remarqué que, dans un appareil voltaïque ordinaire, lorsqu'il n'existe aucune communication entre les extrémités opposées de la pile, il ne s'opère aucune décomposition dans l'eau employée pour conducteur entre les divers élémens; au lieu que, dans un appareil voltaïque disposé circulairement, la décomposition a lieu, et se continue tant qu'il reste à décomposer, soit de l'eau, soit des matières dissoutes dans l'eau. »

Lorsqu'une pile est isolée, il existe entre toutes ses parties, un équilibre électrique. Le zinc de l'élément supérieur ayant une quantité positive égale à la quantité négative du cuivre inférieur, et la quantité d'électricité positive de la moitié supérieure étant parfaitement correspondante à la quantité négative de la moitié inférieure, l'électricité reste stagnante à la surface des divers élémens et dans l'intérieur du menstrue qui établit entr'eux une communication.

Mais lorsque l'appareil est disposé circulairement, le zinc positif que le menstrue met en communication avec le cuivre négatif de l'élément voisin, lui transmet de l'électricité que le cuivre partage avec le zinc contigu, et que celui-ci transmet au cuivre du troisième élément. L'électricité parvient ainsi d'élément en élément, jusqu'à celui qui a produit le premier effet. La surface cuivre de cet élément primitif, se trouvant plus négative qu'auparavant, n'en devient que plus propre à recevoir une portion de l'électricité du zinc de l'élément qui la suit; l'effet doit donc recommencer avec une intensité plus grande, croître rapidement jusqu'à un maximum, et se continuer à l'infini. Les conducteurs humides d'une pile circulaire se trouvent donc continuellement sollicités à la décomposition, par la circulation du fluide électrique, et la décomposition doit s'opérer de la même manière qu'elle s'opère quand les deux conducteurs positif et négatif d'un appareil ordinaire se trouvent plongés, soit dans l'eau, soit dans tout autre menstrue, à une proximité suffisante pour établir la circulation continue.

Beaucoup de personnes ont construit des piles voltaïques; mais les effets qu'elles en ont obtenus, quelque

surprenans qu'ils soient, n'ont rien de comparable aux effets que produisent les piles de grande dimension.

Le plus formidable de ces appareils est celui qui existe à Londres dans la maison royale d'institution.

Voici la description qu'en fait M. Davy, page 187.

» La combinaison voltaïque la plus puissante qui existe, est celle qui a été exécutée pour le laboratoire de l'institution royale. Elle consiste en deux cents sections de batteries mises en communication dans un ordre régulier, et composées chacune de dix doubles plaques, qui sont insérées dans des auges de porcelaine; de sorte que le nombre total des plaques doubles est de 2,000, et la totalité de la surface de 128,000 pouces carrés.

» Cette batterie, lorsque les auges sont remplies d'un mélange de soixante parties d'eau avec une partie d'acide nitrique et une partie d'acide sulfurique, produit une suite d'effets aussi frappans qu'admirables.

» Lorsqu'entre les pôles de cet appareil, des morceaux de charbon, longs d'environ un pouce et épais d'un sixième de pouce, furent rapprochés à la distance d'un trentième ou d'un quarantième de pouce, une étincelle resplendissante éclata, et le charbon rougit au blanc dans plus de la moitié de son volume; et en écartant les morceaux de charbon les uns des autres, on obtint une décharge non interrompue à travers l'air échauffé, et dans un espace au moins de quatre pouces. Cette décharge formait un *arc ascendant* de lumière extrêmement vive, *large dans son milieu et s'élevant en cône.*

» Un corps qu'on introduisit dans cet arc, y devint à

l'instant rouge de feu. *Le platine s'y fondit aussi rapidement que la cire fait dans la flamme d'une bougie ;* des quartz, du saphir, de la magnésie, de la chaux, tous entrèrent en fusion; des éclats de diamans et des pointes de charbon et de plombagine y disparurent rapidement, et semblèrent se vaporiser, lors même que la communication était établie sous un récipient vide d'air ; mais il ne parut pas que ces derniers corps se fondissent avant de se répandre en vapeur.

» Dans le vide, les étincelles franchissaient un espace d'un demi-pouce ; on écarta les pointes des conducteurs, et la décharge qui se fit alors, à la distance de six ou sept pouces, produisit une lumière pourpre du plus bel effet.

» Lorsqu'ensuite on faisait correspondre les deux extrémités de l'appareil aux deux garnitures d'une bouteille de Leyde, le plus court contact possible suffisait pour la charger. »

Tous ces effets, les uns d'une force énorme et les autres d'une faiblesse extrême, comparativement à ceux de l'électricité ordinaire, prouvent bien la marche différente de l'électricité dans les deux cas.

On charge au plus haut degré une bouteille de Leyde, à l'aide des étincelles successives d'un faible électrophore; et à l'aide du terrible appareil que je viens de décrire, on ne peut procurer à la bouteille de Leyde qu'une très-petite charge.

L'étincelle d'un électrophore ne contient que peu d'électricité ; mais cette électricité est lancée avec une rapidité proportionnelle à la surface de l'électrophore qui est

la mesure du diamètre de la colonne d'air dont le poids chasse l'étincelle; et si on en accumule un assez grand nombre dans une bouteille de Leyde, l'électricité de la bouteille acquiert une forte tension et donne une vive commotion avec une étincelle très-brillante.

L'appareil voltaïque charge la bouteille en un instant, mais la tension de l'électricité de la bouteille n'excède jamais la tension de l'électricité voltaïque, qui est toujours très-faible.

La raison de ce phénomène est la condition indispensable, qu'au delà du degré de tension dont la bouteille de Leyde est le témoin, il ne peut sortir du conducteur positif de l'appareil voltaïque (1), une quantité quelconque d'électricité qu'il n'en rentre au même instant une quantité égale dans le conducteur négatif.

L'électricité voltaïque, l'électricité par frottement, et toutes les électricités possibles, ne sont autre chose que le calorique surabondant des corps, agissant comme projectile et communiquant aux conducteurs vers lesquels le

---

(1) M. Davy ne croit point à l'existence d'un courant sortant du conducteur positif; et cependant il a remarqué qu'un morceau de charbon taillé en pointe des deux côtés ne présentait, du côté du conducteur positif, qu'un point lumineux, tandis qu'il présentait, du côté opposé, des rayons divergens : rayons semblables à ceux de l'électricité ordinaire, et qui ne dépendent pas du milieu élastique qu'ils traversent, puisqu'ils ont également lieu, suivant M. Davy, dans le gaz hydrogène, l'acide carbonique et la chlorine.

Il avait paru à cet illustre chimiste, que si l'écoulement

fluide est lancé, un mouvement proportionnel à celui dont il est doué; mouvement qui, comme celui des projectiles ordinaires, est toujours le résultat de la masse multipliée par la vitesse.

La catapulte qui lance l'électricité, est toujours le poids de l'atmosphère; et la puissance de cette catapulte est toujours proportionnelle à l'étendue des surfaces sur lesquelles se trouve l'électricité disponible.

L'électricité, au moment de son départ de dessus la surface d'un même conducteur, s'écoule toujours avec une vitesse initiale qui a pour mesure la vitesse avec laquelle une colonne d'air atmosphérique placée à la hauteur où se trouve le corps électrisé, tomberait dans le vide absolu.

Cette vitesse initiale de l'électricité augmente ou diminue, suivant les circonstances.

Si l'électricité est lancée à travers un air extrêmement raréfié, tel que celui du récipient d'une machine pneu-

---

d'un fluide positif avait lieu, le platine aurait dû fondre plus rapidement en se rapprochant du côté négatif; mais, à cet égard, je ne puis être de son avis. Le fluide qui sort du côté positif, et qui diverge par l'effet de la résistance de l'air, doit être plus abondant et plus actif que lorsqu'après avoir divergé et formé la voûte par l'effet de sa légèreté spécifique, il est ramené en sens inverse et forcé de converger pour rentrer dans le conducteur négatif; car il ne peut y rentrer qu'après avoir perdu dans son passage à travers l'air une partie de sa masse et une partie de sa vitesse.

matique, elle est alors un calorique très-comprimé lancé à travers un calorique très-peu comprimé.

Comme calorique très-comprimé et qui tout-à-coup cesse de l'être, l'électricité réagit dans toutes les directions, jusqu'à ce qu'elle se soit mise en équilibre de pression avec le calorique du récipient; et comme alors le volume de l'électricité augmente prodigieusement, elle communique à une très-grande masse du calorique du récipient son mouvement impulsif : elle doit donc perdre la presque totalité de ce mouvement impulsif. Elle ne se meut en effet alors qu'avec une très-petite vitesse, et le peu d'énergie qui lui reste est employée à lancer, hors du récipient, une portion de lumière qui nous donne une sensation analogue à celle que produisent les rayons pourpres ou violets, c'est-à-dire, les rayons qui se meuvent avec le plus de lenteur.

Mais lorsque l'électricité est lancée à travers l'air, elle se trouve sous un degré de pression qui n'est pas beaucoup moindre que celui sous lequel elle se trouvait sur la surface du conducteur; elle se conserve alors sous un petit volume, s'accélère, et par l'effet de la pression qu'elle exerce sur elle-même, elle lance, avec vitesse, la lumière qui fait partie de sa substance, et produit sur notre organe la sensation d'un blanc éclatant.

Plus l'air est condensé, plus cette lumière est vive; et M. Davy a observé que c'était par cette raison qu'elle était plus vive dans l'acide carbonique, que dans l'air atmosphérique.

Si cependant la pression de l'air à travers lequel l'électricité doit s'échapper, devenait absolument égale à celle qui la retient sur le conducteur, l'électricité resterait sur

le conducteur, parce qu'elle s'y trouverait à-la-fois pressée par l'air environnant et par l'attraction qu'exercent sur elle les molécules de la surface du conducteur : et c'est ce qui a lieu, en effet, sous la machine à compression.

Lorsque, sans rien changer ni à la surface du conducteur, ni au degré de pression et de sécheresse de l'air environnant, on double la quantité d'électricité, la vitesse de l'étincelle qui décharge le conducteur sera doublée, parce que la durée de cette étincelle, étant sensiblement la même dans les deux cas, il s'echappe, dans le même temps, une quantité double d'électricité. Cette accélération augmentera nécessairement la distance explosive. Elle augmentera aussi la vivacité de l'étincelle, parce que l'électricité plus comprimée chassera avec une plus grande impétuosité, la lumière qu'elle renferme : lumière dont la quantité sera double, parce que la quantité d'électricité dans laquelle elle est mêlée, se trouvera double.

Si une bouteille de Leyde, dont l'extérieur présente une surface égale à celle d'un conducteur ordinaire, contient dix fois plus d'électricité que ce conducteur, l'effet que cette électricité produira, devra être proportionnel non-seulement à l'excès de sa masse qui est dix fois plus considérable ; mais encore à l'excès de sa vitesse qui se trouvera dix fois plus considérable si la distance explosive est dix fois plus courte.

Les terribles effets que produisent les batteries électriques comparativement à ceux que produisent les conducteurs cylindriques qui élèvent l'électromètre au même degré que ces batteries, se trouvent donc proportionnels à leur cause respective.

Ces principes s'appliquent également à l'électricité voltaïque.

Une pile, quelqu'élevée, quelque forte qu'elle soit, si elle est convenablement construite, contient dans son intérieur l'électricité dans un état d'équilibre; l'électricité n'y a donc aucune tendance à s'échapper; et l'électromètre appliqué au fût de la colonne, ne donne en effet aucun signe d'électricité.

Mais comme la plaque supérieure d'une pile isolée est surchargée d'électricité que le poids de l'air y retient jusqu'à un certain point, tandis qu'au contraire la plaque inférieure, privée de son électricité, est empêchée jusqu'à un certain point par l'air environnant, de s'approprier l'électricité des corps voisins, la plaque supérieure a une tendance à donner, et la plaque inférieure une tendance à recevoir, que l'électricité doit indiquer et qu'elle indique en effet.

Cette tendance est très-bornée; car la plaque du sommet a très-peu de superflu, et elle ne peut rien donner au-delà de ce superflu, excepté dans le cas où elle trouverait dans la série des plaques inférieures de quoi réparer cette perte.

Il en est de même de la tendance à recevoir; car la plaque de la base ne peut recevoir au-delà de ce qui lui est nécessaire, qu'à la charge de transmettre ce qu'elle reçoit à la série des plaques supérieures.

Lorsque la plaque du sommet est mise en communication, à l'aide d'un fil conducteur, avec la plaque de la base, les deux tendances sont satisfaites en même temps, et l'électricité surabondante de la plaque positive s'écoule sur la surface de la plaque négative avec une petite quan-

tité excédente qui résulte toujours de l'accélération d'un mobile.

L'élément de la base transmet à l'élément supérieur cette quantité excédente, et l'élément du sommet reprend à l'élément inférieur ce qu'il a donné de trop. La circulation s'établit, et elle s'accélère avec une vitesse proportionnelle à la bonté des conducteurs intermédiaires et à la petitesse des plaques : car plus les plaques seront grandes, plus il faudra de temps pour que l'électricité s'écoule de l'une des surfaces d'un élément à sa surface opposée ; et moins le conducteur sera bon, plus il faudra de temps pour que l'électricité se transmette d'un élément à l'autre.

La vitesse de la circulation extérieure augmente donc graduellement jusqu'à ce que la circulation intérieure soit parfaitement établie : époque à laquelle la pile agit avec toute l'énergie qu'il lui est permis d'atteindre (1).

Les appareils à grandes plaques agissent par la masse de leur électricité, et les appareils à petites plaques par la plus grande vitesse avec laquelle la circulation a lieu. Ces derniers donnent une étincelle plus longue et une commotion plus forte ; mais ils ne produisent pas un effet aussi considérable sur les corps soumis à leur action continue. Le platine résiste aux torrens lancés par les grandes

(1) La lenteur et le peu d'énergie de l'électricité voltaïque est prouvée par l'expérience. Si l'étincelle passe à travers plusieurs individus qui forment la chaîne, la commotion est d'autant moins forte que le nombre des individus est plus considérable ; et si on continue à en augmenter le nombre, l'effet devient tout-à-fait insensible.

batteries de l'électricité ordinaire, et fond avec facilité dans le fleuve voltaïque. Une grande masse fluide qui se meut avec lenteur ne doit, en effet, éprouver dans son passage à travers les différens métaux, qu'une faible résistance ; tandis qu'une petite masse fluide qui se meut très-rapidement, en éprouve une très-grande ; et l'on a vu, en effet, que la résistance de l'air suffisait pour convertir les jets d'un conducteur en gerbes, et leur imprimer un mouvement rétrograde.

J'ai expliqué la manière dont la pile voltaïque était construite, et la manière dont le fluide électrique y circulait ; il me reste à expliquer la raison pour laquelle il est essentiel qu'il y ait une séparation entre ses élémens.

Deux disques de cuivre et de zinc étant en contact, la différence de capacité électrique est cause que lorsque l'équilibre de pression s'établit dans l'électricité des deux surfaces opposées, le cuivre se trouve négatif et le zinc positif.

Si le zinc était placé entre deux disques de cuivre, ou le cuivre entre deux disques de zinc, on sent que l'électricité commune se répartirait d'une manière égale sur les deux surfaces extérieures, qui seraient alors ou entièrement de cuivre, ou entièrement de zinc. Mais il n'est pas aussi aisé de concevoir pourquoi une alternation continue de cuivre et de zinc ne produit aucun effet.

La raison en est, selon moi, qu'entre deux surfaces en contact, il n'existe qu'une électricité commune qui n'appartient pas plus à une surface qu'à l'autre, et qui, dès lors, doit être considérée comme nulle ; d'où il résulte qu'une colonne formée de plaques alternatives de cuivre et de zinc, ne diffère en rien, dans ses rapports électri-

ques, d'une colonne solide qui serait composée d'un alliage de cuivre et de zinc.

Il me paraît évident, en effet, que si les deux extrémités de cette colonne continue, présentent deux surfaces de cuivre ou deux surfaces de zinc, ces deux surfaces homogènes, chargées d'une couche d'électricité égale en épaisseur et en pression, ne peuvent avoir, l'une sur l'autre, aucune influence électrique; et que si l'une des deux extrémités est de zinc et l'autre de cuivre, il y aura entre ces deux extrémités un dérangement d'équilibre, qui n'excédera pas celui qui aurait eu lieu si, en supprimant les plaques intermédiaires, on eût réuni le disque supérieur au disque inférieur.

Lorsqu'au contraire les élémens sont séparés l'un de l'autre par une couche d'eau, chaque surface visible conserve son électricité particulière qui s'y trouve retenue par la pression de l'atmosphère que l'eau reçoit et transmet aux deux surfaces qu'elle sépare.

Mais l'eau qui maintient sous la même pression atmosphérique, les deux électricités inégales du cuivre et du zinc, se trouvant être un conducteur convenable, tend sans cesse à établir, entre les deux surfaces, une électricité égale, et elle ne peut y parvenir sans déranger l'équilibre de pression qui doit subsister entre les deux surfaces de chaque élément. Ce dernier équilibre se rétablit donc à son tour, et ces deux effets opposés sont cause que les élémens augmentent graduellement d'électricité, et que si alors on met le sommet de la pile en communication avec sa base, la circulation devient éternelle.

Pour qu'elle ait lieu, il est absolument essentiel que les deux plaques d'un même élément soient en contact im-

médiat. S'ils étaient séparés, ne fût-ce que par une tranche d'eau d'une demi-ligne, l'effet serait absolument nul; car alors les élémens ne seraient plus composés de deux surfaces cuivre et zinc, mais de quatre surfaces cuivre et cuivre, zinc et zinc. La pression de l'atmosphère transmise par la très-mince couche d'eau, maintiendrait l'électricité naturelle sur chacune des deux surfaces intérieures, et la qualité conductrice de cette eau deviendrait inutile, puisqu'elle ne peut recevoir aucune augmentation d'électricité d'une plaque de zinc isolée, et aucune diminution d'électricité d'une plaque de cuivre isolée.

Mais si, lorsque l'appareil est ainsi disposé, vous introduisez entre les deux plaques, une lame de cuivre ou de zinc qui établisse entr'elles un point de contact, cette espèce de pont servira de passage à l'électricité du cuivre qui se répandra sur le zinc jusqu'à ce que les deux électricités soient entr'elles en équilibre de pression; et les effets de la pile ont lieu alors de la même manière qu'ils auraient eu lieu si les deux surfaces intérieures de l'élément s'étaient touchées par tous leurs points.

De l'électricité animale.

254. La propriété qu'ont certains animaux de se constituer dans un état électrique, et de lancer l'électricité sur les animaux qui les touchent immédiatement ou médiatement, est ce qui s'appelle l'électricité animale.

L'électricité animale n'est autre chose que le fluide subtil qui est la cause de leurs mouvemens et de leurs sensations; fluide dont on a supposé l'existence en attendant que l'observation pût en fournir la preuve, et qui

a été désigné par les physiologistes sous le nom de *fluide nerveux*.

Une grande partie des muscles, et notamment tous ceux qui sont placés vers les extrémités du corps, se contractent lorsque l'animal le veut; et la promptitude avec laquelle les mouvemens spontanés s'exécutent est telle, qu'il est impossible d'évaluer l'espace de temps qui s'écoule entre la volonté et l'exécution.

Les nerfs sont l'organe intermédiaire qui établit la communication entre les muscles et l'organe de la volonté; car si le nerf est coupé ou lié, le muscle n'obéit pas à la volonté. Ils sont aussi l'organe intermédiaire des sensations.

Tous les nerfs aboutissent, soit à la moëlle du cerveau, soit à la moëlle épinière qui en est une continuation, et ils contiennent eux-mêmes une moëlle de même nature, enveloppée par les mêmes tégumens qui recouvrent la moëlle du cerveau et la moëlle épinière. Arrivés à leur destination, ils sortent de leur gaîne et se manifestent sous la forme de houpe. Des millions de houpes semblables, disséminées entre l'épiderme et la peau, reçoivent et transmettent au cerveau l'impression des objets extérieurs.

En examinant avec le microscope la pulpe nerveuse, Leuvenhoe crut s'apercevoir qu'elle était divisée en une infinité de petits tubes parallèles; mais la vérité de cette observation a été révoquée en doute; et ce qu'il y a de plus certain, c'est que les nerfs sont des cordes creuses remplies de moëlle, qui n'ont aucune élasticité et qui s'allongent quand on les coupe.

Ce n'est donc pas par l'action directe des nerfs que

les muscles sont mis en jeu, mais par un fluide quelconque qui est lancé par l'organe de la volonté, et qui s'écoule dans l'intérieur des nerfs.

L'existence du fluide nerveux est démontrée à la raison par la rapidité de l'exécution des mouvemens spontanés dont le cerveau et les nerfs sont les organes actifs, et par la rapidité de la transmission des sensations dont les nerfs et le cerveau sont les organes passifs; car puisqu'il n'existe aucun corps liquide ou solide dont le mouvement puisse avoir la rapidité convenable à ces deux effets, il faut nécessairement qu'ils soient produits par un fluide; et j'ajoute que puisque le fluide qui produit cet effet, n'a pu être ni recueilli ni pesé, il faut bien se déterminer à le placer dans la classe des impondérables. Je me propose de prouver que le fluide nerveux agit de la même manière et suit les mêmes lois que le fluide électrique.

De l'électricité de la grenouille.

La nature attentive à la conservation des êtres, s'est particulièrement occupée du soin de perfectionner les organes dont les fonctions tendent le plus directement à son but.

La grenouille qui marche avec lenteur et s'éloigne peu de l'élément où elle doit trouver sa sûreté, a reçu des muscles assez vigoureux pour la lancer à une distance égale à 30 ou 40 fois la longueur de son corps (1). Les rami-

(1) La puce, comme la grenouille, évite le danger en sautant; mais la force des muscles de la puce est incomparablement plus grande, puisqu'elle suffit pour l'élever à une hauteur égale à trois cents fois celle de son corps.

fications nerveuses qui portent dans l'intérieur de ces muscles le fluide irritant, se réunissent au plexus crural; et c'est ce grand réservoir du fluide électrique de la grenouille, que l'on met à nud, pour produire les effets dont je vais parler.

Si on place le nerf d'une grenouille récemment écorchée, entre deux métaux dont les capacités électriques soient différentes, tels que le cuivre et le zinc, et que l'on mette ces deux métaux en contact, le zinc électrisé positivement au moment du contact avec le cuivre ajoutera au fluide de la grenouille une portion d'électricité qui suffira pour rompre l'équilibre et achever ce que la volonté de l'animal avait commencé. L'électricité, qu'au moment du danger qui a précédé sa mort, l'animal avait accumulée dans l'intérieur de ses gaînes nerveuses, s'écoulera dans les muscles de ses jambes qui se contracteront, et l'animal mort et mutilé sautera comme s'il était vivant.

La découverte de la propriété électrique de ces deux métaux avait fixé particulièrement l'attention des physiciens auxquels Galvani avait annoncé l'expérience des mouvemens musculaires de la grenouille. Volta découvrit la célèbre pile qui a immortalisé son nom, et les grenouilles furent oubliées.

Cependant Galvani, toujours persuadé que le fluide nerveux pouvait produire quelques effets sans le secours des métaux, fit, à cet égard, d'autres expériences qui ne furent pas connues de son vivant, ou auxquelles on fit alors peu d'attention.

M. Aldini, neveu de Galvani, les a répétées, et en a fait de nouvelles qui se trouvent consignées dans le Traité de physique de M. Libes.

1.° Si l'on met en contact avec les *muscles des jambes* d'une grenouille nouvellement écorchée, ses *nerfs cruraux*, l'animal éprouvera une espèce de convulsion.

2.° Le même effet a lieu si l'on fait communiquer le nerf au muscle, à la faveur d'une *substance musculaire étrangère à l'animal.*

3.° M. Aldini a établi cette communication à l'aide d'une *chaîne de plusieurs personnes*, et la même convulsion a eu lieu.

4.° Il a pris la tête d'un chien qui venait d'être décapité, et il a mis les muscles de la grenouille en contact d'un côté avec la moëlle épinière ou les filets nerveux de la tête du chien, de l'autre avec les muscles du tronc du chien, et il y a eu contraction, soit dans le tronc du chien, soit dans les muscles de sa tête.

5.° Enfin, M. Aldini a fait les mêmes essais sur des hommes décapités, et il a obtenu les mêmes résultats.

Toutes ces expériences prouvent incontestablement qu'il existe dans les animaux un fluide qui irrite les muscles et provoque leur contraction; que les nerfs sont les réservoirs de ce fluide; et que les muscles en sont de bons conducteurs. L'expérience faite de la transmission du fluide à travers une chaîne composée de cinq personnes, est surtout remarquable en ce qu'elle prouve que le nerf de la grenouille devient, après la mort de cet animal, un véritable conducteur isolé, dont l'électricité s'échappe d'après les lois de la moindre résistance, refoule l'électricité naturelle de cinq personnes interposées, et se transmet par cette longue route dans l'intérieur des muscles des jambes de la grenouille, parce que les muscles sont sans doute, à l'égard des nerfs, dans un état d'électricité négative.

De l'électricité de la torpille.

255. Plusieurs poissons sont doués de la vertu électrique; les plus connus sont : l'anguille de Surinam, le silure-trembleur, et quelques espèces de raies auxquelles on a donné le nom de *torpilles*. Les Arabes donnent, en général, à ces poissons, le nom de *raad* ou *raasch*, qui veut dire *tonnerre*.

Lorsque les *poissons-tonnerre* dorment, ou lorsqu'ils sont dans un état de souffrance, on peut les toucher impunément; mais lorsqu'ils jouissent de toutes leurs forces, ils excitent dans les organes de ceux qui les touchent, soit directement, soit à l'aide d'un conducteur, une commotion de même nature que les commotions électriques. On peut, à la vérité, les toucher impunément, immédiatement après la commotion; mais il leur faut peu de temps pour recharger leur batterie. On voit cependant que cet effort les fatigue, et que les coups ne sont jamais plus forts et plus rapides qu'immédiatement après qu'ils sont sortis de l'eau.

Les expériences faites par Walsh ne permettent pas de douter que la commotion produite par ces poissons, ne soit une commotion électrique. Il a fait faire la chaîne à cinq personnes qui, toutes, ont éprouvé en même temps la commotion. Il a fait circuler l'électricité de la *torpille* à travers une feuille d'étain où il avait ménagé une solution de continuité, et l'étincelle électrique s'est manifestée.

Il s'agit d'expliquer ce phénomène; et pour que cette explication n'ait pas l'air d'une hypothèse, je dois, avant

tout, mettre sous les yeux du lecteur le résultat des observations qui ont été faites sur l'organe électrique des poissons engourdissans, et sur la manière dont ils s'en servent.

La torpille et tous les poissons engourdissans sont doués d'un organe particulier que les physiologistes ont décrit avec soin : il est composé, dans la torpille, d'un grand nombre de tubes aponévrotiques, d'une forme *hexagonale*, et quelquefois *pentagonale*, rangés *parallèlement* les uns aux autres autour des branchies, et dont *une base est adhérente à la peau de dessus, et l'autre à la peau de dessous*. Tous ces tubes sont exactement fermés à leurs extrémités, par une membrane aponévrotique qui s'étend de chaque côté sur toute la surface de l'organe. De plus, chaque tube est traversé horisontalement par des feuillets aponévrotiques, placés l'un au-dessus de l'autre à de petites distances, en sorte que le tube peut être considéré comme un assemblage de cellules superposées; l'intérieur de ces cellules est rempli d'une substance qui, d'après les expériences de Geoffroi, est composée d'albumine et de gélatine. Tout cet appareil est fourni de *nerfs remarquables par leur grosseur*, qui s'insèrent *entre les tubes* et ni ssent par *se distribuer dans leur intérieur*.

Réaumur a observé que, quand la torpille voulait mettre son organe en activité, elle diminuait d'abord *insensiblement* la courbure de son dos qui *s'applatissait* et même quelquefois devenait *concave*, puis le *relevait par un mouvement subit* qui lui faisait *reprendre sa convexité*, et que si *dans ce moment* on touchait la

torpille, on éprouvait une *commotion* semblable à un engourdissement.

Or, voici la conséquence que je tire de ces observations.

Le conducteur isolé de la torpille n'est autre chose que sa peau, sur laquelle elle répand instantanément une couche très-dense du fluide nerveux qui, comme le fluide électrique des conducteurs ordinaires, pressé par le poids de l'atmosphère, s'écoule avec rapidité dans les excitateurs et par préférence dans ceux qui sont, à l'égard de cette électricité particulière, les meilleurs conducteurs (1).

Lorsque la torpille veut frapper son ennemi ou sa proie, l'organe de sa volonté envoie dans les gros nerfs de sa machine électrique, une très-grande quantité de fluide nerveux que ces gros nerfs versent tout aussitôt dans les cellules des tubes où leurs ramifications s'introduisent.

A mesure que l'organe de la torpille se charge, elle en augmente le volume en applatissant son dos et en le rendant concave. La peau du ventre doit répondre, par un mouvement correspondant, au mouvement de la peau du dos, parce que chaque cellule des tubes est, à l'égard des deux peaux opposées, comme une vessie vide qui soulève un poids à mesure qu'elle se gonfle par l'introduction de l'air; et puisque Réaumur a observé que l'animal,

(1) Je soupçonne que l'eau n'est à l'égard du fluide nerveux des poissons qu'un très-mauvais conducteur.

après s'être applati lentement, se gonflait subitement, j'en conclus que, par l'effet de ce gonflement subit, toutes les cellules de tous les tubes se vident en même temps. Le fluide nerveux se répand donc alors à la surface de la peau, en traversant les petites membranes par lesquelles les tubes y sont adhérens, et la rapidité même avec laquelle il est lancé, doit servir à le ramener sur la surface de la peau, parce que la résistance de l'eau ou de l'air doit faire diverger fortement les deux courans opposés, et les convertir en contre-courans.

C'est immédiatement après que l'animal s'est gonflé, que la commotion doit être la plus forte, et, à mesure qu'on s'éloigne de ce moment, l'effet doit devenir moins sensible, parce qu'alors une partie du fluide s'est dissipée.

La force singulière de l'organe électrique de la torpille avait fait croire à quelques physiciens que c'était une pile voltaïque; mais cette supposition est inadmissible.

Pour que les cloisons des tubes qui sont séparées entr'elles, fussent des élémens voltaïques, il faudrait qu'une de leurs faces fût positive et l'autre négative; et quand on admettrait cette hypothèse très-gratuite, il resterait encore à expliquer comment il se fait qu'un homme ou un animal, puisse recevoir une commotion voltaïque, en ne touchant qu'une des extrémités de la pile.

Le corps humain, dans les expériences relatives à la grenouille et à la torpille, n'a été qu'un instrument passif qui a reçu et transmis le fluide électrique de ces animaux. Je vais examiner s'il est vrai que l'homme puisse devenir lui-même, dans certains cas, un agent actif, capable de lancer au dehors le principe de ses sensations et de ses mouvemens.

dessus de l'humanité. Il est permis de se moquer du magnétisme, mais il faut croire à la médecine.

Lorsque Mesmer introduisit sa doctrine en France, quatre célèbres médecins furent chargés de l'examiner, et décidèrent que le magnétisme était une chimère. Leur décision a trouvé des contradicteurs : on a continué de magnétiser et de somnambuliser. Le magnétisme a eu ses apôtres et ses annales, et l'Ouvrage à-la-fois impartial et philosophique que M. de Leuze vient de publier, a rendu la question plus problématique que jamais.

Pour pouvoir parler raisonnablement du magnétisme et de ses merveilles, il faut commencer par distinguer la cause des effets. Les personnes qui ont magnétisé ont été à portée d'opérer quelques cures et de recueillir un grand nombre de faits ; mais on aurait tort de considérer ces magnétiseurs de profession comme des hommes doués d'une vertu extraordinaire ; jamais aucun d'eux ne parviendra à faire tomber en somnambulisme un malade qui ne serait pas disposé, par le genre de sa maladie et la nature de son organisation, à cette espèce de crise ; et puisque les médecins reconnaissent que le somnambulisme, la catalepsie et l'istérisme, ont présenté dans tous les temps des singularités inexplicables, il ne s'agit plus que d'examiner si le magnétisme peut ou non produire des crises de ce genre : question qui dépend, avant tout, de celle de savoir si le magnétisme est quelque chose, ou s'il n'est rien.

Je pense que le magnétisme est quelque chose ; qu'il peut produire dans les maladies aigues des effets très-avantageux ; qu'il détruit comme par enchantement les douleurs locales lorsqu'elles sont récentes, mais qu'il ne

duit qu'un effet lent et souvent insensible sur les douleurs invétérées et sur les maladies chroniques; qu'il n'est jamais dangereux pour le magnétisé, mais qu'il l'est quelquefois pour le magnétiseur ; que l'usage de ce moyen, dont il est possible d'abuser, ne doit être permis qu'aux médecins ou à des hommes choisis ou agréés par eux ; et qu'au surplus, pour parvenir à magnétiser avec un grand succès, il faut se dévouer exclusivement à ce genre de fatigue, renoncer aux plaisirs et aux affaires, n'avoir pour unique passion que l'amour de l'humanité, et prendre, en un mot, pour modèle M. de Puységur.

Mon opinion sur la réalité du magnétisme animal, est fondée sur des expériences que j'ai faites il y a trente ans, et qui ont duré trois mois. J'étais alors à la campagne, et dans un pays où le nom de Mesmer était aussi inconnu que sa doctrine. L'imagination ne put donc avoir aucune part aux effets que je produisis. J'ai toujours triomphé des douleurs aigues, mais je n'ai produit dans les maladies chroniques aucun effet, si ce n'est de compromettre ma santé ; je ne pouvais, par exemple, toucher un pulmonaire sans éprouver, au bout de quelques minutes, une chaleur de poitrine et une oppression insuportables. Cette propriété de ressentir les maladies d'autrui, dont j'étais véritablement doué, m'a éclairé sur l'un des grands mystères du somnambulisme. Mon opinion, à cet égard, est que les malades somnambules sont dans un état d'irritabilité qui leur fait ressentir sur les organes correspondans la réaction des douleurs qu'éprouvent les malades avec lesquels on les a mis en rapport. Les jugemens qu'ils prononcent sur la nature des maladies ne sont pas à dédaigner ; mais les bons somnambules sont rares, et il n'est

pas impossible de jouer le somnambulisme et d'avoir un magnétiseur pour compère.

Je voudrais pouvoir rallier aux phénomènes ordinaires de la physique les phénomènes du magnétisme animal ; la chose est difficile, mais elle n'est pas impossible.

Il est prouvé, par les expériences de Santorius, que nous perdons, par la transpiration insensible, les cinq huitièmes de nos alimens et de nos boissons. L'homme est donc perpétuellement entouré d'une atmosphère très-vaste, composée d'eau et de matières solides dissoutes dans le calorique.

La transpiration insensible est plus abondante dans certains individus que dans d'autres ; elle varie dans le même individu, suivant qu'il est dans un état de santé ou de maladie : les grandes passions, un travail forcé, le chagrin ou l'inquiétude en diminuent la quantité ; la transpiration insensible est moindre immédiatement après le repas que dans tout autre temps ; la sueur abondante ou le grand froid la diminuent également. Or, il résulte de la théorie des magnétiseurs, que les circonstances reconnues comme les plus favorables à l'énergie de l'action magnétique, sont précisément celles qui sont les plus favorables à la transpiration insensible. Ils ont remarqué en outre que la puissance magnétique était plus forte dans les hommes que dans les femmes ; et les physiologistes reconnaissent que la transpiration insensible est moindre dans les femmes que dans les hommes.

Toutes ces circonstances réunies établissent un rapport remarquable entre la théorie de la transpiration insensible et la théorie du magnétisme.

Les magnétiseurs prétendent que les extrémités des

doigts sont la partie du corps d'où le fluide s'échappe avec le plus d'abondance; et j'ai remarqué, en effet, qu'en dirigeant mes doigts vers une surface froide, je la ternissais à une distance beaucoup plus grande que lorsque je lui présentais le revers de la main.

La puissance des doigts, dans ce cas, paraît être de même nature que celle des pointes qui déchargent les conducteurs.

J'ai dit, et je crois avoir prouvé que l'électricité n'était autre chose que le calorique lancé par une puissance mécanique. Je crois encore avoir prouvé qu'il existe un fluide nerveux et que ce fluide est d'une nature analogue à celle du calorique électrique; et les physiologistes reconnaissent que le fluide nerveux, s'il existe, doit être lancé mécaniquement vers les muscles dont il occasionne la contraction.

Mais ce fluide, lancé par le cerveau vers les muscles, doit nécessairement, ou rétrograder des muscles vers le cerveau par une circulation semblable à celle du sang, ou s'échapper au dehors; or, la circulation du fluide nerveux est une hypothèse qu'aucune découverte anatomique ne justifie; tandis qu'il est constant, au contraire, qu'il s'échappe du corps humain un gaz très-abondant, et qui doit être dissous dans une très-grande quantité de calorique puisqu'il reste invisible, même pendant le froid le plus rigoureux. Il devient dès lors très-vraisemblable que le fluide nerveux s'échappe du corps humain, et que les matières de la transpiration insensible dont il est le dissolvant, sont lancées par l'effet de son écoulement continu.

Si l'on admet cette explication, le magnétisme ne sera

plus une chimère ; car il en résultera qu'un magnétiseur ne peut toucher un malade sans le soumettre à l'action des aigrettes électriques qui s'échappent de ses doigts. Les nerfs de ce malade qui sont bons conducteurs de l'électricité ordinaire, sont, à plus forte raison, bons conducteurs du fluide nerveux qui est leur électricité spéciale ; et comme l'état de maladie doit faire supposer que les nerfs du magnétisé éprouvent une disette d'électricité, ou, si l'ont veut, qu'ils sont électrisés négativement, l'électricité positive du magnétiseur doit nécessairement pénétrer dans le système nerveux du magnétisé, en suivre les sinuosités, s'accumuler dans les parties les plus négatives, et atteindre, enfin, ou l'organe de la volonté, ou celui des sensations, et quelquefois ces deux organes en même temps, qui, lorsqu'ils réagissent faiblement, peuvent devenir entièrement passifs et manifester les phénomènes ordinaires du somnambulisme.

Lorsque le courant magnétique est bien établi, le magnétisé se trouve en rapport avec le magnétiseur. Si celui-ci s'éloigne alors peu-à-peu, le courant traversera facilement l'air et les autres corps intermédiaires, et le malade continuera à recevoir l'électricité, parce que c'est toujours vers l'électricité négative que l'électricité positive est forcée de se diriger (1).

Les quatre docteurs chargés de l'examen de la découverte de Mesmer, se firent magnétiser par lui, et n'é-

(1) On peut considérer dans ce cas le magnétiseur comme une araignée qui s'éloigne d'un corps où elle a attaché son fil.

prouvèrent aucun effet. Mesmer eut tort de se prêter à cette expérience ; car, puisque les commissaires se portaient aussi bien que lui, les électricités réciproques devaient être de même nature, et conséquemment dans un état de répulsion qu'une certaine disposition d'esprit rendait peut-être plus active.

Il est reconnu, au surplus, par tous les médecins, que l'électricité ordinaire prise par bain, c'est-à-dire, sans commotion, est un remède dans quelques maladies ; et il résulte des observations modernes que l'électricité voltaïque est préférable, dans ce cas, à l'électricité obtenue par frottement. Il paraît donc naturel de penser que l'électricité humaine qui, de toutes les électricités, est celle qui est la plus analogue à l'organisation du cerveau peut devenir quelquefois un remède précieux.

Les magnétiseurs assurent que l'action de la volonté est nécessaire pour magnétiser ou du moins pour augmenter considérablement l'effet du magnétisme. Je n'ai point, à cet égard, d'opinion ; mais si la chose était ainsi, il n'y aurait pas lieu de s'en étonner ; car, puisque l'organe du cerveau qui lance le fluide nerveux vers les muscles, le prodigue quelquefois, et quelquefois aussi le mesure avec parcimonie, pourquoi ce même organe que l'on peut considérer comme une catapulte électrique, se trouverait-il privé de la puissance d'accélérer la vitesse avec laquelle ce fluide s'échappe, à l'époque où sa résidence dans les muscles produirait un effet contraire au repos ordonné par la volonté ?

Je propose, au surplus, une expérience qui, si elle réussissait, rendrait sensible aux incrédules l'influence de la volonté sur l'émission du fluide. Ce serait d'avoir deux

tables de marbre ou deux glaces également refroidies, et d'approcher successivement le même doigt à la même distance des deux surfaces. Bien certainement alors, si l'influence de la volonté n'est pas nulle, il sera facile au magnétiseur de ternir plus fortement celle des deux surfaces vers laquelle il dirigera son intention.

L'existence du magnétisme animal est encore un problème; mais cela n'empêche pas que l'existence du fluide nerveux ne doive être mise au nombre des vérités rationnelles.

Je considère le fluide nerveux comme le plus dense, le moins pur et le plus visqueux de tous les impondérables; et si je ne m'abuse point sur les propriétés que je lui suppose, il se trouverait former une transition entre l'hydrogène et l'électricité par frottement.

Voici, au surplus, le fondement de mon opinion, que je soumets aux physiologistes.

Le fluide nerveux n'est pas, comme l'électricité, un calorique dormant à la surface des corps solides et circulant rapidement entre l'air et leur surface.

Toujours adhérent à une substance médullaire, il est renfermé dans l'intérieur d'une gaîne qui suffit pour l'isoler et pour empêcher son extravasion dans les cas ordinaires; il perd toute sa vertu lorsque cette gaîne est liée, et il suffit même qu'un nerf soit légèrement comprimé, pour qu'il se manifeste un commencement de paralysie; ce qui semblerait prouver que le fluide nerveux ne transmet pas les sensations et les actes de la volonté par locomutation, mais qu'il les transmet par simple ondulation.

La rapidité avec laquelle une série de petites sensations est transmise des extrémités du corps au cerveau, rend, en effet, invraisemblable l'existence d'un flux et reflux dans l'intervalle imperceptible d'une sensation à l'autre. On doit donc considérer les nerfs comme étant chargés, en tout temps, de la quantité de fluide nécessaire à la transmission des sensations ; il en doit être de même des nerfs qui correspondent aux muscles spontanés, et il est facile, à cet égard, de concevoir que lorsqu'un fluide est comprimé à sa source et qu'il est contenu dans un tuyau forcé, il doit s'écouler par les ouvertures de ce tuyau, si ces ouvertures, assez capillaires pour résister à une pression ordinaire, ne le sont pas assez pour résister à une pression extraordinaire.

L'expérience de la grenouille prouve que les nerfs sont pleins de fluide nerveux, même après la mort de l'animal, et que ce fluide s'y conserve alors dans un état de tension beaucoup plus long-temps que le fluide électrique dans la bouteille de Leyde.

La bouteille de Leyde de la grenouille se décharge lorsqu'elle est mise en communication avec le muscle qui représente sa garniture extérieure ; mais il y a lieu de croire, à cet égard, que lorsque la communication se fait à travers une chaîne de plusieurs personnes, le phénomène s'opère par voie de refoulement, et que ce n'est point le fluide nerveux de la grenouille, mais le fluide nerveux de la dernière personne de la chaîne, qui, dans ce cas, devient l'excitateur du muscle ; il en serait de même de la chaîne qui transmet la commotion de la torpille, et peut-être aussi de la chaîne et de tous les conducteurs qui transmettent l'électricité ordinaire.

La manière dont l'électricité se transmet à travers les liquides et les gaz, serait favorable à cette théorie ; et l'on trouvera encore un exemple de ce mode de transmission dans la manière dont la chaleur se communique à l'aide de deux miroirs correspondans.

De l'électricité minérale.

257. Quelques cristallisations minérales dont on a élevé la température, répartissent d'une manière inégale sur toute l'étendue de leur surface, leur électricité naturelle, et le résultat de cette propriété est que l'une de leurs faces donne des signes d'électricité positive, tandis que la face opposée et correspondante donne des signes d'électricité négative.

Celle de ces substances qui a fixé plus particulièrement l'attention des physiciens, est la pierre gemme, appelée *tourmaline*.

Elle cristallise en prismes qui sont ordinairement à neuf pans et qui sont terminés par des sommets à trois, six ou neuf faces.

La tourmaline, dans l'état ordinaire, acquiert par le frottement une électricité positive, comme tous les corps de nature vitreuse.

Mais si, tenant le prisme par son milieu à l'aide d'une pince, on l'expose au feu, de manière à ce que la pierre acquière une température de trente à quatre-vingts degrés, elle donne alors des signes d'électricité ; une de ses extrémités se trouve électrisée négativement, et l'autre po-

sitivement. Les parties voisines des deux extrémités participent à cette propriété qui diminue progressivement, mais assez brusquement, en approchant du milieu où l'électricité se trouve nulle, c'est-à-dire, égale à l'électricité des corps environnans.

Avant d'expliquer ce phénomène, il me paraît utile de présenter quelques observations faites par M. Haüy (*Traité de Physique*, *numéros* 459 *et* 460).

« Les corps susceptibles de s'électriser par la chaleur, présentent, relativement à leurs formes, une singularité qui semble annoncer une dépendance mutuelle entre leur cristallisation et leur propriété électrique. On sait qu'en général, la manière dont la nature élabore les cristaux, est soumise à la loi de la plus grande symétrie, en ce que les parties opposées et correspondantes sont semblables par le nombre, la disposition et la figure de leurs faces ; mais les formes des cristaux électriques par la chaleur dérogent à cette symétrie, de manière que les parties dans lesquelles résident les deux espèces d'électricité, quoique semblablement situées aux deux extrémités du cristal, diffèrent par leur configuration, et ont seules des décroissemens qui sont nuls sur la partie opposée, ou auxquels répondent des décroissemens qui subissent une autre loi : ce qui peut servir à faire deviner d'avance, d'après la seule inspection du cristal, de quel côté se trouvera chaque espèce d'électricité, lorsqu'on soumettra ce cristal à l'expérience. »

« Ainsi, par exemple, dans la variété de tourmaline, appelée *isogone*, la forme est celle d'un prisme à neuf pans, terminé d'un côté par un sommet à *trois* faces, e de l'autre, par un sommet à *six* faces, et l'expérience

prouve que c'est le premier sommet qui est le siége de l'électricité *résineuse*, et le second qui manifeste l'électricité *vitrée*. »

« Mais, de tous les cristaux qui offrent cette corrélation, entre la configuration extérieure et la vertu électrique, les plus remarquables sont ceux qui appartiennent à une substance acidifère, nommée *magnésie boratée*, et dont la forme est, en général, celle d'un cube incomplet dans toutes ses arrêtes, et modifié encore par des facettes qui répondent aux angles solides. Ici, les deux électricités agissent suivant la direction de quatre axes, dont chacun passe par deux angles solides opposés du cube, qui est la forme primitive. Dans une des variétés, nommée *défective*, l'un des deux *angles* solides situés aux extrémités d'un même axe, est *intact;* l'autre est remplacé par une *facette*. Il y a électricité *résineuse* à l'angle qui n'a subi aucune altération, et électricité *vitrée* à la facette qui remplace l'angle opposé, ce qui fait *huit pôles électriques*, quatre pour chaque espèce d'électricité. »

M. Haüy pense que les pierres du genre de la tourmaline ont des pôles, et qu'elles forment la transition entre les corps aimantés et les corps électrisés, et il explique tous ces phénomènes, par l'hypothèse admise dans les écoles, de deux fluides électriques, l'un vitré, l'autre résineux, qui se neutralisent réciproquement.

La seule expérience qui présente quelque rapport entre une tourmaline et une barre aimantée, c'est que deux tourmalines suspendues ou flottantes et élevées à la température convenable, se repoussent ou s'attirent suivant

qu'elles se présentent l'une ou l'autre de leurs extrémités. Mais je ne vois dans cette expérience que l'application d'une loi constante dont j'ai expliqué la cause et de laquelle il doit résulter que les corps électrisés se repoussent quand leur électricité est semblable, et qu'ils s'attirent quand leur électricité est différente.

Les autres phénomènes que présentent les cristaux dont il s'agit, sont également la conséquence des principes que j'ai établis.

Les capacités électriques qui varient dans les surfaces des différens corps, peuvent aussi varier dans les différentes parties de la surface d'un même corps; et la nature s'écarte quelquefois des règles générales. Les cristaux électriques dont il s'agit, sont eux-mêmes une preuve de cette vérité; car ils s'écartent de la régularité des cristaux ordinaires : une facette y correspond à un angle, et une pyramide hexaèdre à une pyramide triangulaire. Il est donc naturel de présumer qu'il a pu se trouver entre les capacités électriques des sommets correspondans de la tourmaline et de la magnésie boratée, la même différence qu'entre leurs formes. Je vais plus loin, et je crois pouvoir soutenir avec quelque vraisemblance, que la même cause qui a déterminé la différence de leur forme, a dû produire une différence dans leur capacité électrique.

Au moment où le cristal de la magnésie boratée s'est formé, une partie seulement de ses molécules s'est rapprochée à la distance suffisante pour former une arrête régulière, et les molécules du côté opposé se sont arrêtées en chemin.

Il en a été de même pour la tourmaline; ses molécules se sont plus rapprochées à l'extrémité où elles ont

formé une pyramide triangulaire, qu'à celle où elles ont formé une pyramide à six faces.

Je vois dès lors qu'il a dû résulter de cette irrégularité, que les surfaces du prisme les plus voisines du sommet qui a été parachevé, sont composées de molécules plus rapprochées, et qu'elles doivent conséquemment exercer une plus grande attraction sur l'électricité, que les surfaces du prisme voisines du sommet opposé; ce qui constitue la tourmaline dans un état de densité régulièrement décroissante (1) depuis le sommet à trois côtés jusqu'au sommet à six côtés.

Dans la distribution de l'électricité générale, il a donc dû s'accumuler plus d'électricité du côté régulier que du côté irrégulier, mais cette inégale distribution a maintenu l'équilibre électrique avec les corps voisins; car il en est des capacités électriques comme des capacités caloriques dont la différence n'empêche pas que l'équilibre de température n'existe lorsque chaque corps contient une quantité de calorique proportionnelle à sa capacité.

Si le cristal eût été un corps conducteur, l'électricité, dont l'état de pression était plus grand du côté où les surfaces étaient les plus capables, aurait coulé sur les surfaces les moins capables; l'électricité s'y serait mise en équilibre de pression, et le cristal alors se serait trouvé en état d'électricité relative, de la même manière que le cuivre et le zinc soudés ensemble.

---

(1) On pourrait peut-être vérifier si cette théorie est fondée, en pesant à une balance hydrostatique d'une grande sensiblité un fragment de tourmaline, pris du côté du sommet à six faces, et un fragment pris du côté opposé.

Mais cet écoulement qui ne pouvait avoir lieu à une température au-dessous de 30 degrés, a été favorisé par cette température; et il a dû résulter de l'équilibre de pression qui alors a dû s'établir, que le sommet à six faces a été forcé d'acquérir plus d'électricité que sa capacité électrique n'en comportait, et que le contraire est arrivé au sommet à trois faces.

La tourmaline a donc dû alors manifester l'électricité positive vers le premier de ces sommets, et l'électricité négative vers le second.

Par la même raison, la *magnésie boratée* a dû être électrisée positivement du côté de ses *facettes*, et négativement du côté de ses *arrêtes*; et les plus petits *fragmens* de la tourmaline brisée ont dû avoir la même propriété que la tourmaline entière, parce que la capacité électrique de cette pierre décroît progressivement d'une de ses extrémités à l'autre.

Mais cet état électrique n'a subsisté que jusqu'à une certaine élévation de température; et lorsqu'on a eu communiqué à la pierre une température supérieure à celle de l'eau bouillante, l'exhalation plus abondante du calorique a permis au sommet négatif de reprendre dans le calorique exhalé la quantité convenable à sa capacité, et au sommet positif de se débarrasser de son électricité superflue qui n'était retenue que par la pression de l'air, diminuée dans ce cas par l'élévation de la température.

Il arrive quelquefois, dit-on, qu'en continuant d'élever la température, on voit renaître l'électricité en sens contraire, de manière qu'alors c'est le côté le plus complettement achevé qui devient positif.

Cet effet, qui n'est pas présenté par les auteurs comme

un phénomène constant, est probablement causé par une dilatation extraordinaire. Le côté achevé qui avait résisté jusqu'alors à l'action du feu, cède brusquement; ses molécules s'écartent, et c'est alors ce côté qui se trouve avoir une capacité électrique moindre que le côté opposé.

Il est probable que, dans ce dernier cas, la communication s'établit, non par la surface, mais par les pores intérieurs de la tourmaline, dont la forme doit suivre celle des cristaux, et qui se trouvent assez dilatés pour que l'électricité, plus pressée sur une surface que sur l'autre, puisse prendre cette route comme un moyen plus facile de parvenir à l'équilibre de pression.

« Si l'on fait l'expérience sur une grande tourmaline et dans l'obscurité, on voit quelquefois des étincelles circuler sur sa surface. »

La tourmaline est un mauvais conducteur, mais cependant meilleur que l'air. Il peut donc arriver que lorsque l'électricité est très-inégalement pressée vers ses deux extrémités, et que les communications intérieures se trouvent interceptées par le refroidissement, l'équilibre se rétablisse par une étincelle qui circule entre l'air et la surface de la pierre.

Ce phénomène a lieu sur le verre d'un plateau électrique; verre qui se charge avec plus ou moins d'inégalité sur les différentes parties de sa surface, et dont les parties les plus surchargées lancent des étincelles à celles qui le sont le moins.

Un phénomène du même genre a été observé sur la surface de la lune.

De l'électricité de la lune.

258. M. Schroetter a vu en 1794 et 1796 sur une partie obscure du disque de la lune des *traces de lumière qui paraissaient alternativement jeter un grand éclat et se plonger tout-à coup dans l'obscurité*; elles ressemblaient, dit-il, *au tissu irrégulier des veines d'un grand animal, dont le nombre n'a pu être évalué.*

La lune qui, selon toute apparence, est un corps glacé, doit être un très-mauvais conducteur qui, s'il a été électrisé d'une manière inégale, a dû produire les mêmes effets que le plateau d'une machine électrique et présenter les apparences observées par M. Schroetter.

La lune a une atmosphère dont cet astronome évalue la hauteur à 8000 pieds; et comme cette atmosphère produite, selon toute apparence, par la chaleur du soleil, doit se condenser dans son absence, et qu'il doit régner d'ailleurs à la surface de la lune, pendant la nuit, le calme le plus absolu, il en résulte que son atmosphère devient d'autant moins propre alors à laisser échapper l'électricité qui peut s'accumuler sur quelques points de sa surface, et qu'elle l'y maintient sous une pression suffisante pour produire des effets analogues à ceux du plateau électrique.

D'après l'explication que j'ai donnée de la manière dont l'électricité s'établissait à la surface des corps par l'effet du refroidissement, on sent que la surface de la lune, qui a été exposée, pendant quatorze fois vingt-quatre heures, aux rayons du soleil, a dû s'échauffer à une certaine profondeur, et qu'elle ne peut se refroidir lentement pendant une nuit de quatorze fois vingt-quatre heu-

res, sans qu'il s'accumule sur sa surface beaucoup d'électricité.

Et comme l'électricité n'est pas égale sur toute la surface de la terre, nous devons en conclure qu'une inégalité plus grande doit avoir lieu sur le disque de la lune, dont la surface est moins conductrice, parce qu'elle est plus froide, et qui n'est pas, comme la terre, en contact avec un air surchargé de vapeurs humides.

Il doit donc se former sur le disque de la lune, des lacs d'électricité; et ces lacs, placés sous la pression atmosphérique, doivent quelquefois déborder et circuler à la surface de la lune, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli.

Il peut aussi arriver que l'électricité se répande dans l'atmosphère de la lune, à l'aide de quelques pointes de montagne, qui deviennent alors de véritables aigrettes électriques; aigrettes qui ont été, en effet, aperçues quelquefois et qui avaient été prises pour des éruptions volcaniques.

M. Schroetter a vu sur le disque de la lune en 1774 et 1788, des points lumineux briller *comme des étoiles, s'éteindre par degrés et ne plus reparaître.*

Il est difficile de caractériser d'une manière plus positive le phénomène de l'aigrette qui décharge un conducteur et dont l'éclat n'est jamais plus vif qu'au premier moment, parce qu'à mesure que l'électricité s'échappe, le ressort qui avait déterminé son émission, diminue d'énergie.

Le même astronome, dans un Mémoire adressé à la première classe de l'Institut, a prévenu les astronomes qu'il soupçonnait que Mercure, Vénus et même les autres

planètes avaient une lumière propre et une espèce de phosphorescence. Si ce soupçon se trouve confirmé par des observations subséquentes, la luminosité des planètes devra être attribuée à la même cause qui fait serpenter l'électricité sur le disque de la lune, ou qui l'évapore en aigrettes.

De l'électricité aérienne.

259. L'air supposé dans un état de sécheresse absolue est un mélange de molécules d'azote et d'oxigène : molécules incombinables entr'elles et dont chacune est entourée de son atmosphéroïde.

Chaque atmosphéroïde comprimée dans tous les sens et réagissant dans tous les sens, peut être considérée comme l'atmosphère d'un conducteur électrisé positivement; qui serait entourée d'atmosphères semblables et qui dès lors se trouverait avec toutes ces atmosphères dans un état continuel de répulsion.

Le degré de pression sous lequel l'air se trouve, détermine tout à-la-fois le degré de sa capacité calorique et le degré de sa capacité électrique. La température et l'électricité de celles de ses atmosphéroïdes qui sont en contact avec les corps, augmentent ou diminuent avec facilité; mais lorsque les atmosphéroïdes de l'air ne sont en contact qu'avec des atmosphéroïdes de même nature, la communication devient plus difficile, parce que ce sont des sphères dont le diamètre est peut-être un million de fois plus grand que celui de leur molécule centrale; que ces grandes sphères ne se touchent réciproquement que par un seul point; et que l'intervalle qui les sépare,

est rempli par un calorique plus rare que celui des atmosphéroïdes.

L'eau vaporisée forme un troisième gaz qui se mêle dans l'atmosphère avec l'oxigène et l'azote ; mais le gaz aqueux diffère des deux autres en ce qu'il est soluble par eux jusqu'à un certain point, et en ce qu'il est combinable avec lui-même.

Le gaz aqueux est composé de molécules, qui toutes ont une atmosphéroïde d'un diamètre proportionnel au degré de densité de leur molécule centrale, au degré de pression extérieure et au degré de température : elles sont entr'elles en équilibre d'électricité, et il semblerait dès lors qu'elles devraient être entr'elles dans un état constant de répulsion ; mais il n'en est pas ainsi. Lorsque l'eau s'est formée, l'oxigène a fait refluer sur l'hydrogène qui avait moins de capacité électrique que lui, une portion de son électricité; et il s'est formé, autour des deux principes réunis et composant la molécule intégrante de l'eau, une atmosphéroïde commune qui, d'un côté, s'est trouvée électrisée négativement et, de l'autre, positivement.

Chaque atmosphéroïde de l'air étant à l'état d'électricité moyenne, c'est-à-dire, d'électricité *zéro*, doit donner de l'électricité à la molécule d'eau si elle se présente du côté de l'oxigène, ou en recevoir d'elle si elle se présente du côte de l'hydrogène. Dans ces deux cas, l'effet de la pression générale sous laquelle se trouve le calorique, est d'entraîner la molécule d'eau vers la molécule d'air, ou la molécule d'air vers la molécule d'eau.

Cette attraction électrique, très-puissante lorsque l'air est très-sec, le devient moins à mesure que l'air s'humecte; mais les vapeurs étant entraînées alors dans toutes

les directions par leur mobilité et par celle de l'air, la succession des points de contact se multiplie à l'infini, et toutes les molécules de l'air se saturent d'eau (1) presqu'en même temps et à un degré à-peu-près égal.

---

(1) La vapeur humide se trouve dans ce cas dissoute par l'air comme l'air, l'est par l'eau, et probablement par la même cause; car il est naturel de croire :

1.° Que l'eau ne doit sa propriété dissolvante qu'à l'état d'électricité relative où se trouvent ses molécules intégrantes, qui doit toujours occasionner un entraînement réciproque entre les molécules de l'eau et celles des corps solubles par l'eau.

2.° Que l'énergie de cet entraînement doit diminuer à mesure qu'il s'est fait un plus grand nombre de communications électriques.

3.° Que le moment où la saturation absolue de l'eau arrive, doit coïncider avec le moment où l'équilibre électrique est rétabli complètement.

4.° Enfin que la répulsion électrique doit accélérer la précipitation.

Cette théorie forme le complément de l'explication que j'ai donnée (102) de la raison pour laquelle l'eau saturée d'un sel pouvait en dissoudre un autre ; car les communications électriques qui ont eu lieu entre l'eau et le premier sel dissous n'ont pu détruire qu'entr'eux les effets de l'électricité ; et le nouveau sel qui se présente avec l'électricité relative dont chaque sel est toujours pourvu, se trouvant soumis à un entraînement peu différent de celui qu'avait éprouvé le premier sel, doit être absorbé jusqu'au moment où le rétablissement de l'équilibre électrique entre l'eau et tous les corps dissous, déterminera la répulsion électrique et par suite la précipitation de tous les corps dissous.

Lorsque le mélange aérien et vaporeux se dilate par l'effet de l'élévation de la température, les points de contact sont multipliés, et les vapeurs aqueuses se dissolvent avec plus de facilité et en plus grande abondance. Mais si, lorsque l'air a dissous toute l'eau qu'il pouvait dissoudre, la température commune diminue, les molécules d'eau dissoutes dans la même atmosphéroïde aérienne se rapprochent les unes des autres. Quelques-unes se réunissent par l'effet de l'attraction, et les rapports électriques de l'eau avec l'air se trouvent changés.

Chacune des molécules intégrantes de l'eau est dans un état d'électricité relative; mais aussitôt que deux ou plusieurs molécules d'eau se sont réunies en une goutte, quelque petite que soit cette goutte, elle forme le centre d'une atmosphéroïde secondaire qui n'a plus un côté négatif et un côté positif, mais qui, dans sa totalité, a un degré d'électricité uniforme; et comme ce degré est proportionnel à la pression commune de l'air et de l'eau, l'électricité de la goutte d'eau devient semblable à l'électricité de l'atmosphéroïde de l'air, et l'état de répulsion commence entre l'air et l'eau. Celle-ci expulsée de l'atmosphéroïde de l'air, où elle était dissoute, se réfugie dans les interstices qui séparent les atmosphéroïdes de l'air. La diaphanéité de l'air diminue alors; et l'on voit peu-à-peu naître le brouillard dont l'accroissement formera le nuage.

Il arrive quelquefois que l'eau se régénère sans troubler la transparence de l'air. Cet effet a lieu lorsque la régénération se fait à la proximité d'un corps qui absorbe l'eau à mesure qu'elle se régénère, tel, par exemple, que l'acide sulfurique ou la potasse; ou sur lequel l'eau se dé-

pose, tel, par exemple, que les vitres de nos appartemens pendant l'hiver.

La diminution de température paraît être la seule cause qui puisse déterminer la précipitation de l'eau dissoute dans l'air. On n'a pas pu l'obtenir à l'aide de la compression mécanique; et on en a conclu, avec raison, que la vapeur aqueuse était aussi compressible et aussi élastique que l'air : conclusion qu'une suite d'expériences intéressantes a rendue commune à la totalité des gaz permanens ou non permanens.

Lorsque l'air ne tient en dissolution qu'une très-petite quantité d'eau, elle se conserve sous forme gazeuse par les plus grands froids; mais à mesure que la quantité de vapeur dissoute augmente, la précipitation par le froid doit devenir plus facile : car si le gaz aqueux n'était point mêlé avec l'air, il ne serait permanent qu'à la température de l'eau bouillante.

On n'a jamais expliqué la raison pour laquelle certains corps se maintenaient à l'état de gaz aux températures les plus basses, tandis que d'autres ne conservent cet état qu'à l'aide d'une haute température.

La différence qui existe à cet égard me paraît être uniquement due à l'électricité relative qui existe dans les atmosphéroïdes des gaz réductibles, et qui n'existe pas, ou qui est trop faible dans les atmosphéroïdes des gaz irréductibles.

Lorsque les atmosphéroïdes d'un gaz n'ont aucune électricité relative; elles se maintiennent en état de répulsion à toutes les températures; dans le cas contraire, l'état de répulsion électrique n'a lieu que lorsque les atmosphé-

roïdes se présentent les hémisphères dont l'électricité est semblable; et elles s'attirent réciproquement lorsqu'elles se présentent des hémisphères dont l'électricité est différente. Dans ce dernier état de choses qui doit fréquemment arriver, attendu la mobilité des gaz, les atmosphéroïdes doivent se pénétrer et la régénération avoir lieu, à moins qu'une très-haute température, augmentant le diamètre des atmosphéroïdes, ne retienne les molécules à un trop grand éloignement pour que l'attraction électrique puisse les rapprocher à la distance convenable.

Lorsque la vapeur aqueuse est dissoute dans l'air, les molécules d'eau disséminées dans les atmosphéroïdes de l'air et se trouvant retenues en état de repos relatif entre elles et avec les molécules centrales de l'air, participent jusqu'à un certain point à la nature de l'air, et ne peuvent se régénérer que par l'effet de leur surabondance qui serait cause qu'elles se rapprocheraient les unes des autres jusqu'à distance attractive.

Lorsque l'oxigène se réunit au carbone, il y a lieu de croire également que les deux molécules se constituent en état d'électricité relative et que l'oxigène devient négatif; mais comme le carbone est beaucoup plus dense que l'hydrogène, l'électricité relative qui existe dans chaque molécule intégrante de l'acide carbonique, est trop faible pour qu'un froid ordinaire puisse déterminer ces molécules à se rapprocher jusqu'à distance attractive.

Le gaz éther muriatique étant réductible à la température de 17° au-dessous de zéro, on a droit d'en conclure qu'il existe une plus grande différence de capacité électrique entre ses principes qu'entre les principes de l'acide carbonique.

La température à laquelle les corps mixtes gazeux se régénèrent, peut dès lors être considérée comme proportionnelle au degré de l'électricité relative résultante de la réunion de leurs principes constituans.

De la rosée.

260. La rosée est un météore qui ne trouble point la transparence de l'air.

La rosée ne se forme donc point dans l'air.

On trouve la rosée sur les plantes et sur différens corps; le voyageur la trouve quelquefois sur ses propres habits : mais jamais personne n'a vu tomber la rosée, parce qu'en effet la rosée ne tombe point, et qu'elle se forme sur les corps où on la recueille.

Lorsque l'air est saturé de vapeurs et qu'il touche un corps dont la température est un peu plus basse que celle de la molécule d'air en contact avec ce corps, la petite quantité de calorique que perd alors l'atmosphéroïde aérienne qui contenait en dissolution la vapeur aqueuse, suffira, si l'air est saturé, pour déterminer la régénération de l'eau.

Pour que la rosée se forme, il faut du calme; car s'il fait du vent, l'eau se vaporise de nouveau à l'instant où elle est régénérée; au lieu que dans le calme les molécules d'eau s'accumulent.

Elles se réunissent en goutte dans le cas où l'eau est

plus attirée par l'eau (1) qu'elle n'est attirée par la surface des corps ; et dans ce dernier cas, présentant à l'air environnant le moindre volume possible, l'évaporation devient la moindre possible.

La rosée du soir vient de la terre ; celle du matin vient du ciel.

Lorsque le sol d'une prairie artificielle a été imbibé par les pluies, ou que le sol d'une prairie naturelle se trouve humecté par la proximité d'un ruisseau, si le soleil a échauffé fortement la terre, et qu'un léger vent du nord ait refroidi l'air vers la fin de la journée, la vapeur qui s'élève lentement, sature l'air immobile qui se trouve emprisonné parmi les herbes ; et comme ces herbes ont été refroidies par l'effet de leur transpiration continuelle, elles déterminent la régénération de l'eau : on ne voit point alors la rosée sur les sommités des tiges, mais on la trouve dans la profondeur des herbes.

La nuit arrive ; elle est calme, et les diverses couches de l'air se disposent entr'elles dans l'ordre de leur densité. Les atmosphéroïdes, qui sont les plus saturées d'eau, ayant une plus grande densité spécifique, descendent vers la terre et déposent l'eau sur les corps refroidis qu'elles

---

(1) La sphéricité presque parfaite des gouttes de rosée, et la sphéricité plus remarquable encore des gouttes de mercure, sont une preuve frappante de la puissance de la gravitation réciproque des molécules des corps : en considérant la résistance dont ces petites gouttes triomphent, on s'étonne moins des grands effets que produisent les atmosphéroïdes par leur tendance à la sphéricité.

y rencontrent ; et comme les feuilles des plantes dont la transpiration se prolonge pendant la nuit, sont toujours un peu plus froides que l'air environnant, elles sont par cela même toujours propres à recueillir la rosée lorsque l'air se trouve saturé.

« M. Libes a observé que lorsqu'on couvrait le soir une plante avec une cloche de verre, on la retrouvait le matin couverte de rosée. Cette espèce particulière de rosée est formée, suivant ce physicien, par des *vapeurs qui enfilent les tiges, les branches et les feuilles des végétaux, et s'y rassemblent en gouttes.* »

L'eau que les racines aspirent ne sort jamais des feuilles en nature d'eau, mais en nature de transpiration insensible ; et cette transpiration très-abondante pendant le jour, est beaucoup moindre pendant la nuit. La rosée qui, dans l'expérience citée, s'accumule sur les feuilles de la plante, me paraît être due, pour une très-petite partie, à la transpiration de la plante, et pour le surplus, à la transpiration de la terre. Ces deux transpirations, interceptées par la cloche, et condensées par leur abondance et le froid de la nuit, doivent produire la régénération de l'eau que l'air saturé avec excès dépose sur les parois de la cloche et sur les feuilles de la plante.

« Il résulte des expériences de Dufay et de Muschembroëk, que la rosée se dépose sur le verre et sur la porcelaine plus abondamment que sur les autres corps, et qu'elle ne s'attache jamais aux métaux qui ont reçu du

frottement le poli dont ils sont susceptibles, et spécialement à l'argent. »

Pour qu'un point quelconque de la surface d'un corps puisse recevoir d'une atmosphéroïde d'air saturé une molécule d'eau, il faut qu'il soit plus froid que l'atmosphéroïde qui la lui cède; car s'il était plus chaud, le calorique qu'il céderait lui-même à l'air en contact, augmenterait la puissance dissolvante de l'air, et l'eau resterait dissoute.

Lorsqu'uun corps n'est point conducteur du calorique, celui de ses points qui a repoussé une première molécule d'air froid, reste plus froid que les points environnans; et si ce point se trouve plus froid qu'une seconde ou une troisième molécule d'air, il en reçoit du calorique. Mais avec ce calorique il reste un peu de vapeur d'eau qui elle-même se refroidit promptement par l'évaporation partielle qu'elle subit. La petite goutte d'eau refroidie devient donc alors un centre d'attraction pour toutes les atmosphéroïdes de l'air qui y déposent à-la-fois du calorique et de l'eau.

Mais lorsqu'un corps est bon conducteur du calorique, aucun des points de sa surface ne peut se refroidir plus que l'autre; et c'est cette égalité de temperature qui s'oppose constamment à l'effet que je viens de décrire.

Les feuilles des plantes, la porcelaine et le verre étant de très-mauvais conducteurs, sont dès lors très-propres à recueillir la rosée qui ne s'attachera point aux métaux, parce que les métaux sont de bons conducteurs; or, comme il est prouvé par les expériences de M. le comte de Rumfort, qu'ils sont d'autant meilleurs conducteurs que leur surface est plus polie; et que les chimistes recon-

naissent d'ailleurs que le meilleur conducteur de tous les métaux est l'argent, il y a dès lors tout lieu de présumer que, quelqu'abondante que soit la rosée, on n'en recueillera pas une goutte dans un plat d'argent.

Des brouillards.

261. Lorsque, par l'effet de la continuité de la transpiration de la terre et de ses plantes, sa surface est devenue plus froide que l'air environnant, elle le refroidit jusqu'à une certaine hauteur; si cet air saturé d'eau cesse alors d'être réchauffé par le soleil, le refroidissement déterminera la régénération de l'eau, et le brouillard se manifestera.

Les petites molécules d'eau dont il est composé, restent suspendues dans les interstices que laissent entr'elles les atmospheroïdes de l'air; mais comme ces interstices forment le passage ordinaire de la plus grande partie des rayons de la lumière, les rayons qui y trouvent alors une goutte d'eau, sont deviés de leur route; une partie de ces rayons deviés ne parvient pas jusqu'à notre organe, et l'air n'a plus pour nous la même transparence.

Lorsque l'air du matin est plus saturé qu'à l'ordinaire, il produit en même temps du brouillard et de la rosée. Le brouillard s'élève ordinairement de la surface des prairies et des plaines humides : quelquefois il descend sur la terre et se convertit entièrement en rosée; mais quelquefois aussi la cause qui l'a produit en élève la masse jusqu'à une certaine hauteur.

Si les petites gouttes du brouillard se réunissent en

assez grand nombre, leur densité augmente; elles déplacent l'air inférieur, et descendent vers la terre sous la forme d'une pluie très-fine, qui tombe avec beaucoup de lenteur parce que son volume relatif est cause qu'elle communique à l'air une grande partie de son mouvement.

Mais si le brouillard est pénétré par la chaleur croissante des rayons du soleil, le volume des atmosphéroïdes de l'air augmentant en même-temps que son pouvoir dissolvant, il se fait une nouvelle dissolution totale ou partielle. Si la dissolution est totale, le brouillard se dissipe; si elle n'est que partielle, il s'élève et se convertit en nuage.

Il y a des pays où les brouillards répandent une odeur fétide et mal saine. Cet effet est dû à la présence de l'hydrogène sulfuré, carboné ou phosphoré, dont l'ascension se trouve alors retardée par l'effet de sa viscosité qui le retient adhérent aux molécules d'eau.

Quelques physiciens, dans la vue d'expliquer la cause pour laquelle les petites gouttes d'eau qui composent le brouillard, restent suspendues dans l'air, quoique beaucoup plus pesantes que l'air, avaient supposé que chaque goutte était une vessie creuse remplie de calorique.

Mais cette hypothèse est contraire aux lois de l'attraction qui ne permettent point que l'eau, en se régénérant par la réunion de ses molécules intégrantes, produise des gouttes caverneuses. Ces physiciens ont eu raison au surplus, de soupçonner que c'était le calorique réuni à l'eau qui faisait, de chaque goutte, un corps aussi léger, et quelquefois plus léger que l'air.

Chaque goutte de brouillard est, en effet, entourée d'une atmosphéroïde de calorique, dont l'étendue est beau-

coup plus grande que dans l'état ordinaire, parce que les gouttes n'ont pu se former qu'en s'enrichissant de la somme de toutes les atmosphéroïdes qui entouraient les molécules intégrantes de l'eau pendant qu'elle se trouvait à l'état de vapeur; et que dès lors chaque goutte est devenue un conducteur isolé et positif, entouré de conducteurs semblables avec lesquels il est en état de répulsion.

Des nuages et de la pluie.

262. Un nuage est un brouillard séparé de la terre, et qui reste suspendu dans l'air à la hauteur où sa densité spécifique se trouve égale à celle d'une masse d'air de même volume.

Dans cet état d'équilibre qui rend nulle pour lui l'attraction de la terre, il suit les lois de sa propre gravitation en se dirigeant vers le centre commun de toutes ses molécules, et il doit dès lors prendre la forme sphérique si rien ne s'y oppose.

Lorsque les gouttes d'eau qui le composent sont plus ou moins rapprochées l'une de l'autre, il est plus ou moins obscur; lorsqu'elles sont à-la-fois très-petites et très-éloignées de la terre, il devient également opaque, mais il réfléchit alors de la lumière blanche.

Si les gouttes d'eau augmentent de volume, le nuage devient grisâtre; plus les gouttes grossissent, plus il devient sombre; et l'habitude a appris aux hommes à distinguer, par la couleur, les nuages qui doivent produire de la pluie, de ceux qui n'en doivent pas produire.

Le changement du blanc au noir dans les nuages, me paraît dû à la propriété qu'ont les gouttes sphériques de ne réfléchir qu'un seul rayon de lumière dans une direction déterminée ; il doit résulter, en effet, de cette propriété, qu'à mesure que le grossissement des gouttes diminue leur nombre, la masse de la lumière réfléchie diminue dans la même proportion.

La pluie, en partant d'un nuage, est composée ordinairement de très-petites gouttes semblables à celles que produit le brouillard quand il se résout en pluie ; mais dans l'intervalle qui sépare le nuage de la terre, ces gouttes grossissent par leur réunion.

J'ai vu souvent des nuages blancs et quelquefois même des nuages gris d'un assez grand volume, disparaître dans l'espace de quelques minutes. Ce phénomène, dont aucun physicien n'a parlé, arrive dans nos climats, lorsque les vents de la partie du nord succèdent aux vents de la partie du sud. Le nuage absorbé vient de la partie du sud. Il reste quelque temps immobile sur la lisière des deux vents; mais si le vent du nord est prédominant, et qu'il se trouve très-sec, ce qui est assez ordinaire, il dissout promptement la vapeur aqueuse, et le nuage disparaît. J'ai vu plus d'une fois le ciel pommelé, devenir entièrement serein dans l'espace d'une heure ou deux, sans qu'il tombât une goutte d'eau. Ce phénomène, qui n'a jamais lieu lorsque le temps doit tourner à la pluie, peut être considéré comme un pronostic de beau temps.

Il tombe, à Paris, année commune, 19 pouces d'eau; à Londres, 35 pouces; à Rome, 20 pouces; à Pise,

34 ½; à Padoue, 37 ½, à Leyde, 29 ½; à la Haye, 27 ½; à Zurich, 32; à Würtemberg, 16 ½; à Lyon, 37.

De la neige.

263. L'eau des nuages devient solide à la même température qui détermine sur la terre la formation de la glace.

Si le temps est très-calme, les gouttes d'eau se cristallisent régulièrement, et forment, selon M. Haüy, des cristaux tétraèdres, dont la réunion compose un cristal octaèdre qui devient un centre autour duquel se réunissent d'autres cristallisations de même nature, et l'octaèdre se convertit en une étoile à six pointes.

J'ai vu tomber à Paris de ces étoiles de neige très-bien configurées; mais ce phénomène y arrive rarement: le plus ordinairement les étoiles s'accrochent entr'elles et forment des flocons.

Lorsque la température de l'air voisin de la terre est plus élevée que celle de la région supérieure, la neige se convertit en pluie.

Les petits cristaux que forme la neige ne sont point contigus et admettent beaucoup d'air dans leurs intervalles : c'est ce mélange qui est cause que la neige n'est pas transparente, et qu'elle est dix à douze fois plus légère que la glace (1).

---

(1) Muschembroëk prétend avoir mesuré avec exactitude une étoile de neige et l'avoir trouvée 24 fois plus volumineuse que l'eau.

En comprimant fortement la neige, on parvient à détruire, en partie, son opacité, parce que, dans ce cas, on élimine une grande quantité d'air.

De la grêle et des pluies d'orage.

264. L'électricité n'a qu'une influence médiocre sur les phénomènes de la rosée, du brouillard, de la pluie ordinaire et de la neige; mais c'est elle, sur-tout, qui occasionne les phénomènes de la grêle et des pluies d'orage.

L'électricité n'étant autre chose que le calorique adhérent à la surface des corps, il doit en résulter nécessairement que, lorsqu'un corps change de volume, son état électrique cesse d'être le même. Si le volume d'un corps augmente, la somme de son électricité diminue, et sa surface se trouve négative; dans le cas contraire, son électricité augmente, et sa surface devient positive.

Six gouttes d'eau suspendues dans l'air, ayant un volume plus grand qu'une seule goutte formée de la réunion des six, cette dernière goutte ne peut se former subitement sans acquérir une électricité positive; et comme l'électricité des petites gouttes voisines qui ne se sont pas encore réunies entr'elles, se trouve négative par rapport à celle de la grosse goutte, les petites gouttes voisines de la grosse goutte doivent être entraînées vers elle, et augmenter tout à-la-fois et sa grosseur et sa puissance électrique.

C'est ce qui arrive dans les temps d'orage. La moyenne région est alors dans un état de calme, qui permet aux nuages, que l'on voit se former et grossir peu-à-peu, de prendre la forme sphérique, et de se serrer vers leur centre. De grosses gouttes doivent donc

s'y former, et on les voit tomber, quelquefois à de grandes distances les unes des autres lorsque les réunions s'opèrent partiellement, et quelquefois très-rapprochées lorsque les réunions s'opèrent simultanément.

Si ce dernier phénomène a lieu dans un nuage très-élevé, le froid de la haute région peut solidifier les gouttes, et c'est alors de la grêle qui tombe. Les grêlons sont d'autant plus gros, qu'ils tombent d'une plus grande hauteur, parce qu'ils s'enrichissent alors des molécules d'eau qu'ils rencontrent dans leur route ; et ils deviendront énormes si, par l'effet des vents opposés et des tourbillons qui en résultent, la réunion de plusieurs grêlons en un seul se trouve favorisée.

De la foudre.

265. Lorsque le calme règne dans la moyenne région, et que la température s'y trouve très-élevée, il peut s'y former, en même-temps, plusieurs sphères nébuleuses, séparées les unes des autres par des couches d'air sec.

Chaque nuage isolé se pressant alors vers son centre, il s'y forme insensiblement une quantité considérable de grosses gouttes d'eau qui ne se détachent pas du nuage parce que, dans ce cas, l'électricité très-abondante et également répartie aggrandit suffisamment les atmosphéroïdes des grosses gouttes pour les maintenir à l'état d'équilibre de densité avec l'air.

Quand cet état de choses a lieu, on voit le nuage, qui d'abord était blanc, noircir par degrés vers son centre, et le noir s'étendre, peu-à-peu, du centre à la circonférence.

L'électricité de toutes les gouttes d'eau d'un même nuage étant de même nature, elles sont entr'elles en état de répulsion ; mais la gravitation du nuage vers son centre, s'oppose à ce que la répulsion soit effective, et l'électricité surabondante reflue à la surface du globe nébuleux, où elle reste dormante.

Le nuage orageux qui ne forme, par la réunion de ses électricités intérieure et extérieure, qu'un seul et même conducteur isolé, est alors en équilibre de densité avec l'air euvironnant. S'il se trouve un peu plus dense, il descendra vers la terre, mais avec une extrême lenteur, à cause du très-grand volume d'air qu'il déplace.

Lorsque deux nuages semblables, mais chargés d'une quantité inégale d'électricité, se rapprochent à une distance attractive, l'expansibilité porte l'électricité du nuage positif vers le nuage négatif qui devient plus négatif encore par le refoulement de son électricité naturelle vers le côté opposé.

Il arrive quelquefois cependant que, pendant le rapprochement et avant le contact immédiat, l'équilibre d'électricité s'établit entre les deux nuages, par l'effet des angles qu'ils s'opposent ; et ils se repoussent alors.

Mais il arrive le plus souvent qu'ils se réunissent par l'effet de l'attraction qui a lieu avant le rétablissement de l'équilibre électrique ; ils se confondent, dans ce cas, et forment un nouveau nuage dont le centre se comprime d'autant plus, que le nombre des molécules gravitantes devient plus grand.

A mesure que la masse nébuleuse se charge d'électricité, son atmosphère s'étend au loin et se rapproche de la terre, surtout lorsque le nuage baisse.

S'il se trouve dans cette atmosphère un corps saillant, tel qu'un rocher, un arbre, ou même un voyageur, ce corps saillant reçoit l'électricité de l'atmosphère, et la transmet à la terre en s'électrisant lui-même négativement. Lorsque la continuité de la transmission a sensiblement désélectrisé la partie de l'atmosphère dans laquelle le corps saillant se trouvait plongé, l'électricité du nuage orageux trouvant vers cette partie de l'espace une moindre résistance, est forcée par la pression de l'air environnant de s'y réfugier. Une gibbosité électrique se forme ; elle s'allonge peu-à-peu vers le corps saillant ; et lorsqu'elle est parvenue à la distance explosive, la foudre part.

Mais le nuage en perdant par l'explosion l'électricité de sa surface, retrouve une nouvelle charge d'électricité, d'abord par le choc en retour que lui rend le conducteur foudroyé, et en second lieu, par l'ensemble des électricités particulières accumulées autour des gouttes d'eau dont il est composé. De nouveaux coups de foudre doivent donc succéder au premier, jusqu'à ce que l'équilibre électrique soit établi entre le nuage fulminant et le réservoir commun.

Mais cet équilibre ne peut s'établir sans que le diamètre extraordinaire des atmosphéroïdes des gouttes d'eau ne soit diminué. Ces gouttes mille fois plus pesantes qu'un égal volume d'air, et qui n'étaient restées à l'état d'équilibre que par le gonflement accidentel de leurs atmosphéroïdes, tombent alors, et il en résulte des torrens d'eau qui servent de conducteurs aux derniers coups de foudre et accélèrent le rétablissement de l'équilibre électrique entre la terre et les fragmens du nuage orageux.

La foudre ne frappe pas toujours la terre, et il arrive souvent que les nuages se foudroient entr'eux.

Quelquefois le nuage foudroyant se trouve à un grand éloignement du nuage foudroyé : de petits nuages intermédiaires servent alors de conducteurs à l'étincelle électrique qui passe avec une vitesse instantanée d'un de ces nuages à l'autre, et si l'un d'eux présente une trop petite surface, l'électricité se fait jour à travers les gouttes d'eau qui se trouvent décomposées par le passage de l'étincelle.

Mais l'hydrogène séparé momentanément de l'oxigène, formant alors avec lui ce que les chimistes appellent *air tonnant*, l'eau est recomposée au même instant, et sa recomposition produit une explosion dont le bruit qui se joint à l'explosion de la foudre, paraît être la véritable cause des longs retentissemens qui l'accompagnent ; car, comme le bruit part alors tout à-la-fois de plusieurs points de l'espace diversement éloignés du point où se trouve l'observateur, son oreille n'en peut être frappée qu'à des intervalles proportionnels aux distances des divers foyers d'explosion. (1)

---

(1) Cette explication du bruit du tonnerre appartient à M. Davy. On disait avant lui que cet effet était dû à une multitude d'échos formés par des nuages plus ou moins éloignés ; mais cette explication ne pouvait se concilier avec le fait très-certain que lorsque le tonnerre tombe à terre, l'observateur voisin du lieu de sa chute n'entend qu'un seul coup ou plusieurs craquemens qui ordinairement ne sont pas suivis de retentissemens.

Il n'est pas impossible qu'un nuage soit foudroyé par la terre; et des voyageurs dignes de foi prétendent avoir été témoins de ce phénomène, qui doit être assez rare. Voici comment je l'explique.

Entre un nuage électrisé positivement et la terre, il a pu se trouver un second nuage qui se trouvant plongé dans l'atmosphère électrique du premier et rapproché, d'ailleurs, de quelques points saillans de la terre, aura servi de conducteur à l'électricité de l'atmosphère. Ce nuage intermédiaire aura été, dans ce cas, électrisé négativement; et si le nuage positif a été déchargé par l'approche d'un nuage négatif, ou par un conducteur communiquant à un lieu de la terre suffisamment éloigné, le changement dans l'état électrique de l'atmosphère aura déterminé l'étincelle de la terre qui a dû alors foudroyer, par un choc en retour, le nuage intermédiaire.

La théorie des paratonnerres est la même que celle des pointes qui désélectrisent les conducteurs des machines électriques.

Ce préservatif, inventé par Franklin, est utile, non-seulement à l'édifice qu'il protége, mais encore aux édifices voisins; car s'il ne les préserve pas de la foudre, il diminue du moins la violence du choc de toute la quantité qu'il a dérobée au nuage foudroyant.

Il est cependant arrivé une fois à Paris, que l'aiguille d'un paratonnerre a été fondue par la foudre. Cet effet extraordinaire ne peut avoir été produit, que parce qu'il s'est trouvé entre le nuage orageux et le paratonnerre, un nuage qui communiquait à la pointe du paratonnerre et qui ayant été foudroyé, aura transmis à la terre un torrent électrique trop considérable, pour qu'il pût couler

sur la surface du paratonnerre conducteur. Le conducteur alors aura été fondu, par la même raison qu'une batterie électrique fond un fil métallique, lorsqu'il n'a pas un diamètre proportionnel à la force de la batterie (1).

Il n'y a jamais de tonnerre sans éclair ; mais il y a quelquefois des éclairs sans tonnerre.

Ce phénomène a lieu lorsqu'il se trouve dans le ciel deux ou plusieurs nuages dont l'électricité est peu différente, et qui ne sont qu'imparfaitement isolés.

Si deux nuages sont séparés par un nombre plus ou moins grand de lambeaux nébuleux dont l'isolation est incomplète, celui des deux nuages dont l'électricité prédomine, lance alors son étincelle qui, après avoir serpenté dans les lambeaux intermédiaires, atteint le nuage situé à l'extrémité du système.

Mais l'équilibre que cette étincelle rétablit est rarement durable ; le vent, les attractions et les répulsions, en changeant à chaque instant le volume des nuages, changent en même tems leur état électrique; et lorsque la différence d'électricité que ces causes occasionnent se trouve trop considérable, l'étincelle devient fulminante, et le tonnerre se fait entendre.

---

(1) Cette explication appartient à M. Charles.

Des éclairs de chaleur.

266. On voit souvent à l'horison des éclairs que l'on appèle *éclairs de chaleur*, et que l'on croit ne pas être accompagnées de tonnerre ; c'est une erreur. Ces éclairs annoncent toujours, ou presque toujours, un orage qui existe quelquefois à trente ou quarante lieues ; et comme la lumière peut être réfléchie, d'une manière sensible, par une couche d'air élevée de quinze ou dix-huit lieues au-dessus de la surface de la terre, il n'est pas étonnant que l'éclair soit vif, et que cependant le tonnerre ne soit pas entendu à cause de son éloignement.

Des trombes terrestres.

267. Il y a deux espèces de trombes qui ne se ressemblent ni pour les effets, ni pour la cause.

Les unes ont lieu indifféremment sur la terre et sur la mer : je les appèle *trombes terrestres.*

Les *trombes marines* ou *typhons*, qui n'ont lieu que sur la mer, formeront l'objet d'un chapitre particulier.

Si, au moment où le ciel se trouve chargé de nuages, deux vents opposés se rencontrent, il en résulte un tourbillonnement. Ceux des nuages qui se trouvent alors renfermés dans le tourbillon, se détachent de la masse générale, et occupent un plus petit volume. Leurs gouttes d'eau qui étaient divisées, se rapprochent et se réunissent en grosses gouttes qui, devant obéir à-la-fois et à leur gravitation et à l'impulsion des vents, descendent vers

la terre en conservant leur mouvement de rotation. Les gouttes qui se trouvent les plus voisines du centre du tourbillon, et qui sont les plus grosses, obéissent plus promptement à la gravitation; et le tourbillon nébuleux, en s'approchant de la terre, doit prendre, et prend en effet la forme d'un cône, dont la base est tournée vers le ciel.

Si ce cône, qui se meut horisontalement dans la direction du vent prédominant, rencontre, en approchant de la surface de la terre, un vent qui souffle dans la même direction, mais qui soit plus accéléré, la trombe produira alors les plus terribles effets, parce que le mouvement qu'elle communiquera aux corps qui se trouveront sur son passage, devra être proportionnel et à sa masse qui peut se trouver cent fois plus grande que celle de l'air, et à sa vitesse qui est à-peu-près égale à celle du vent.

Les trombes sont très-fréquentes auprès de certaines côtes de la méditerranée. Elles sont plus communes près des caps de Laodicée, de Grecgo et de Carmel, que dans les autres parties de cette mer.

« Il faut distinguer, dit Buffon, deux espèces de trombes. La première n'est autre chose qu'une nuée épaisse, comprimée, resserrée et réduite en un petit espace par des vents opposés qui, soufflant en même-temps de plusieurs côtés, donnent à la nuée la forme d'un tourbillon cylindrique, et fait que l'eau tombe tout-à-la-fois sous cette forme cylindrique; la quantité d'eau est si grande, et la chute en est si précipitée, que si, malheureusement, une de ces trombes tombait sur un vaisseau, elle le briserait et le submergerait en un instant ».

« L'autre espèce de trombe s'appèle *typhon*. Plusieurs auteurs ont confondu le typhon avec l'*ouragan* (1), surtout en parlant des tempêtes de la mer de la Chine, qui est, en effet, sujette à tous deux : cependant ils ont des causes bien différentes. »

« Le typhon ne descend pas des nuages comme la première espèce de trombe; il n'est pas uniquement produit par le tournoiement des vents comme l'ouragan; il s'élève de la mer vers le ciel avec une très-grande violence; et quoique les typhons ressemblent aux tourbillons qui s'élèvent de la terre en tournoyant, ils ont une autre origine. On voit souvent, lorsque les vents sont violens et contraires, les ouragans élever des tourbillons de sable et de terre, et souvent ils enlèvent et transportent dans ce tourbillon, les maisons, les arbres et les animaux. Les *typhons* de mer, au contraire, *restent dans la même place*, et ils n'ont pas d'autre cause que celle des feux *souterrains*, car la mer est alors dans une grande *ébullition*, et l'air est si fort rempli d'*exhalaisons sulfureuses* que le ciel paraît caché par une croûte, couleur de cuivre, quoiqu'il n'y ait aucun nuage, et qu'on puisse voir à travers ces vapeurs le soleil et les étoiles. C'est à ces feux souterrains qu'on peut attribuer la *tiédeur des mers de la Chine*, *pendant l'hiver*, où ces

(1) J'ai expliqué dans le chapitre relatif à la théorie du vent le phénomène appelé *ouragan* ou *grain*. Les *typhons* arrivent presque toujours dans un temps calme, et leur formation serait impossible pour peu que le vent fût considérable.

typhons sont très-fréquens ». (*Histoire natur.* tom. 1).

Il résulte de ce passage de Buffon, que mon explication des trombes terrestres n'a rien de neuf : j'adopte également la cause que Buffon donne à l'origine des typhons ; mais ni Buffon, ni aucun physicien, n'a cherché à expliquer les particularités qui ont été observées dans la formation des typhons.

Des trombes marines ou typhons.

268. Dans l'histoire de l'académie, année 1741, il est parlé d'une trombe vue sur le *lac de Genève*. C'était une colonne dont la partie supérieure aboutissait à un nuage assez noir, et dont la partie inférieure, qui était plus étroite, se terminait un peu au-dessus de l'eau. Ce météore ne dura que quelques minutes, et dans le moment qu'il se dissipa, on aperçut une vapeur épaisse qui montait de l'endroit où il avait paru, et là même les eaux du lac *bouillonnaient* et semblaient faire effort pour s'élever. L'*air* était *fort calme* pendant le temps que parut cette trombe, et lorsqu'elle se dissipa, il ne s'ensuivit ni *vent* ni *pluie*.

Legentil, dans son voyage autour du monde, vit à-la-fois six trombes dont il donne la description.

» A onze heures du matin, dit-il, l'air étant chargé de nuages, nous vîmes autour de notre vaisseau, à un quart de lieue environ de distance, six trombes de mer qui se formèrent avec un *bruit sourd*, semblable à celui que fait l'eau en coulant dans des canaux souterrains. Ce

bruit s'accrut peu-à-peu et ressemblait au *sifflement* que font les cordages d'un vaisseau, quand un vent impétueux s'y mêle. Nous remarquâmes d'abord l'eau qui *bouillonnait* et qui s'élevait au-dessus de la surface de la mer d'environ un pied et demi; il paraissait au-delà de ce bouillonnement un brouillard ou plutôt une *fumée épaisse d'une couleur pâle*; et cette fumée formait une espèce de *canal qui montait à la nue*.

» Les *canaux* ou *manches* de ces trombes se *pliaient* selon que le vent emportait les nues auxquelles ils étaient *attachés*, et malgré l'impulsion du vent, non-seulement ils ne se *détachaient* pas, mais encore il semblait qu'ils s'*allongeassent* pour les suivre, en s'*étrécissant* ou se *grossissant* à mesure que le nuage s'*élevait* ou se *baissait*.

» Quand les six trombes eurent couru pendant *dix minutes* autour du vaisseau, les unes à un quart de lieue, les autres à une moindre distance, nous vîmes que les canaux s'*étrécissaient* peu-à-peu, qu'ils se *détachèrent de la superficie de la mer*, et qu'enfin ils se dissipèrent ».

Thevenot, qui en vit trois à-la-fois, en fait ainsi la description dans son voyage du Levant.

» La première qui parut à nos yeux était du côté du nord. A une portée de fusil du vaisseau, nous aperçûmes dans un endroit l'eau qui *bouillonnait* et qui était élevée de la surface de la mer environ d'un pied; elle était *blanchâtre*, et au-dessus paraissait comme une *fumée noire un peu épaisse*, de manière que cela ressemblait proprement à un tas de paille où l'on aurait mis le feu, mais qui ne ferait encore que fumer; cela faisait un *bruit sourd*, semblable à celui d'un torrent qui court avec

beaucoup de violence dans un vallon profond. Mais ce bruit était mêlé d'un autre un peu plus clair, semblable à un *fort sifflement de serpent ou d'oie ;* un peu après nous vîmes comme un *canal obscur* qui avait assez de ressemblance à une *fumée* qui va *montant aux nues, en tournant avec beaucoup de vitesse.* Ce canal paraissait *gros comme le doigt*, et le même bruit continuait toujours ; ensuite la lumière nous en ôta la vue, et nous connûmes que *cette trombe était finie*, parce que nous vîmes qu'elle ne s'élevait plus ; et ainsi sa durée n'avait pas été plus d'un demi-quart d'heure. Celle-là finie, nous en vîmes une autre du côté du midi, qui commença de la même manière qu'avait fait la précédente ; presqu'aussitôt il s'en fit une semblable à côté de celle-ci, vers le couchant, et incontinent après, une troisième à côté de cette seconde ; la plus éloignée des trois pouvait être à portée du mousquet loin de nous ; *elles paraissaient toutes trois comme trois tas de paille hauts d'un pied et demi,* faisaient *même bruit* que la première ; ensuite nous vîmes tout autant de *canaux qui venaient depuis les nues sur ces endroits où l'eau était élevée ; et chacun de ces canaux était large par le bout qui tenait à la nue, comme le large bout d'une trompette,* et faisait la même figure (pour s'expliquer intelligiblement) que peut faire *la mamelle ou la tête d'un animal tirée perpendiculairement par un poids.* Ces canaux paraissaient *blancs d'une blancheur blafarde ; et je crois que c'était l'eau qui était dans ces canaux transparens, qui les faisait paraître blancs;* car apparemment ils étaient déjà formés, avant que de tirer l'eau, selon que l'on peut juger par ce qui suit ; et *lorsqu'ils étaient vides ils ne paraissaient pas;*

de même qu'un canal de verre fort clair, exposé au jour devant nos yeux à quelque distance, ne paraît pas, s'il n'est rempli de quelque liqueur teinte. Ces canaux n'étaient pas droits, mais *courbés à quelques endroits*; même *ils n'étaient pas perpendiculaires* : au contraire, *depuis les nues où ils paraissaient entés, jusqu'aux endroits où ils tiraient l'eau, ils étaient fort inclinés*; et ce qui est de plus particulier, c'est que la nue où était attachée la seconde de ces trois, ayant été chassée du vent, *ce canal la suivit sans se rompre et sans quitter le lieu où il tirait l'eau*; et passant derrière le canal de la première, ils furent quelque temps croisés comme en sautoir ou en croix de Saint-André. *Au commencement*, ils étaient tous trois *gros comme le doigt*, si ce n'est *auprès de la nue qu'ils étaient plus gros*, comme j'ai déjà remarqué; mais dans la suite *celui de la première des trois grossit considérablement*: pour ce qui est des deux autres, je n'en ai autre chose à dire, car la dernière formée ne dura guère davantage qu'avait duré celle que nous avions vue du côté du nord. La seconde, du côté du midi, dura environ un quart d'heure; mais la première de ce même côté dura un peu davantage; ce fut celle qui nous donna le plus de crainte, et c'est de celle-là qu'il me reste encore quelque chose à dire : *d'abord* son canal était gros *comme le doigt*, ensuite il se fit gros *comme le bras* et après *comme la jambe*, et enfin *comme un gros tronc d'arbre*, autant qu'un homme pourrait embrasser. *Nous voyions distinctement, au travers de ce corps transparent, l'eau qui montait en serpentant un peu; et quelquefois il diminuait de grosseur, tantôt par le haut et tantôt par le bas*: pour

lors *il ressemblait justement à un boyau rempli de quelque matière fluide, qu'on presserait avec les doigts, ou par le haut pour faire descendre la liqueur, ou par le bas pour la faire monter;* et je me persuadai que c'était la violence du vent qui faisait ces changemens, faisant monter l'eau fort vite, lorsqu'il pressait le canal par le bas, et la faisant descendre, lorsqu'il le pressait par le haut. Après cela, il diminua tellement de grosseur qu'il était plus mince que le bras, *comme un boyau qu'on allonge perpendiculairement;* ensuite *il retourna gros comme la cuisse,* après il redevint *fort menu;* enfin je vis que l'*eau élevée sur la superficie de la mer commençait à s'abaisser, et le bout du canal qui lui touchait, s'en sépara et s'étrécit comme si on l'eût lié:* et alors la lumière qui nous parut, par le moyen d'un nuage qui se détourna, m'en ôta la vue. Je ne laissai pas de regarder encore quelque temps, si je ne le reverrais point, parce que j'avais remarqué que, par trois ou quatre fois, le canal de la seconde de ce même côté du midi, nous avait paru se rompre par le milieu, et incontinent après nous le revoyions entier, et ce n'était que la lumière qui nous en cachait la moitié. Mais j'eus beau regarder avec toute l'attention possible, je ne revis plus celui-ci, il ne se fit plus de trombe, etc. »

Legentil ne parle point de la circulation de l'eau dans l'intérieur de la trombe; mais son récit, à cela près, est entièrement conforme à celui de Thevenot. Buffon attribue à une erreur d'optique la vision de Thevenot; mais comme le témoignage de ce voyageur exact et naïf se trouve appuyé par le témoignage de beaucoup d'autres navigateurs, je ne crois pas que le fait de l'ascension de

l'eau dans une colonne de fumée, quelque extraordinaire qu'il soit, doive être révoqué en doute; et dussè-je renouveler le scandale de la *dent d'or*, je vais en risquer l'explication.

Lorsque le volcan sous-marin s'embrâse, les gaz bitumineux filtrent à travers la voûte qui porte l'océan, s'échappent par diverses ouvertures; et comme leur température est plus élevée que celle qui est nécessaire à l'ébullition de l'eau, et que l'eau est peu conductrice du calorique, il y a lieu de croire que le bouillonnement qu'on a observé et qui s'élève à un pied ou à un pied et demi au-dessus du niveau de la mer, est une véritable ébullition.

Le gaz aqueux s'échappe alors et forme avec le gaz bitumineux, une colonne commune qui s'élève jusqu'à la hauteur où le gaz bitumineux, suffisamment refroidi, se trouve en équilibre avec l'air et se convertit en nuage.

Dans le premier moment, le fût de la colonne ascendante reste invisible, parce qu'elle est alors dans son plus grand état de dilatation : mais à mesure qu'elle se refroidit et qu'elle se trouve comprimée par l'air environnant, la condensation la rend visible.

La viscosité du gaz que le volcan sous-marin développe dans cette occasion, doit surpasser celle de tous les gaz que nous connaissons, puisqu'il résulte de l'ensemble des observations, que le nuage et la colonne ascendante ne forment qu'un seul et même corps dont la base paraît appuyée sur l'eau, tant que la fumée grasse continue à s'en échapper. (Voyez plus bas, *volcans* et *bitumes*.)

Le gaz aqueux, en se régénérant dans l'intérieur de la colonne visqueuse, y forme des vides; l'air environnant,

pressant alors avec toute sa puissance la fumée grasse qui ne se régénère point, la reduit à son plus petit diamètre, et donne à cette fumée refroidie le plus haut degré de condensation dont un gaz visqueux soit susceptible.

Dans cet état de choses, on sent que si le nuage vient à baisser, la colonne doit grossir; qu'elle doit diminuer de diamètre si le nuage s'élève ou s'éloigne, s'incliner si le nuage est entraîné par le vent, et conserver toujours, dans son contact avec le nuage, la forme d'un entonnoir.

Cependant l'eau continue à se régénérer, soit dans le nuage, soit dans la partie la plus élevée de la colonne. Une portion de cette eau traverse les parois de la colonne et tombe en grosse pluie; le surplus s'écoule dans l'intérieur même de la colonne et peut y serpenter, si sa chute perpendiculaire éprouve quelque résistance; mais si l'étranglement de la colonne devient tel qu'il forme un obstacle absolu (ce qui est difficile à croire, mais ce qui n'est pas impossible, attendu que la fumée visqueuse se trouve alors avoir pour point d'appui la masse totale de la partie de l'atmosphère dont la pression a produit son étranglement), l'eau interceptée dans sa chute, pourra s'accumuler et remonter de quelques pouces dans l'intérieur de la colonne, jusqu'à ce que son poids devienne suffisant pour vaincre la résistance qui lui est opposée par les parois.

J'engage au surplus les chimistes à vérifier jusqu'à quel point les diverses fumées grasses, et notamment celle des bitumes (1), peuvent être comprimées ou refroi-

(1) Les bitumes proviennent d'un bitume primitif qui est une production marine résultante de la putréfaction des matières.

dies sans se régénérer, et de quelle résistance elles peuvent devenir capables dans leur état de plus grande condensation.

DES PHÉNOMÈNES MAGNÉTIQUES.

269. Le calorique lancé mécaniquement par le poids de l'atmosphère de la terre, produit tous les phénomènes de l'électricité. Le calorique lancé mécaniquement par le poids de l'atmosphère universelle, produit tous les phénomènes du magnétisme (1).

Le tourbillon solaire est le réservoir du fluide magné-

---

tières animales et végétales. En expliquant la cause de la viscosité et de la phosphorescence de l'eau de la mer, j'ai rapporté les expériences desquelles il résulte que l'étincellement de l'eau de la mer est dû à cette espèce de bitume qui est plus pesant que l'eau, et qui ne monte à la surface de la mer que lorsque son mélange avec l'hydrogène phosphoré diminue sa pesanteur spécifique. Après la combustion de l'hydrogène phosphoré, les petites bulles d'huile qui le contenaient doivent nécessairement retomber au fond de la mer. Il doit, dès lors, se trouver dans les profondeurs de l'océan une très-grande quantité de bitume liquide qui s'infiltre en même temps que l'eau et qui descend avec elle dans les goufres volcaniques où la chaleur le convertit en gaz.

(1) Ma doctrine est tellement simple, que je crains que l'on ne m'accuse de vouloir faire rétrograder la science. Cette accusation serait cependant injuste; car, puisque ma physique est à l'usage des gens du monde, il faut bien qu'elle soit à leur portée.

Il serait possible qu'au fond j'eusse découvert la vérité;

tique qui pénètre dans le centre du tourbillon terrestre en vertu de la loi de la moindre résistance.

---

mais cette découverte, lors même que tout le monde conviendrait de sa réalité, ne doit point pénétrer dans les colléges; car si elle y était accueillie avant d'avoir été adoptée par l'autorité compétente, il en résulterait un véritable bouleversement.

L'Université a sagement décidé qu'il n'y aurait en France qu'un seul mode d'enseignement, et que ce mode serait à la hauteur des connaissances modernes.

La physique avait été long-temps négligée; il a fallu créer de nouvelles chaires; et il y aurait un très-grand inconvénient à laisser à chaque professeur de physique le droit d'enseigner cette science d'après ses propres idées.

On a donc décidé que la physique serait purement expérimentale, que tout ce qui s'appelle *système* en serait banni, et qu'on s'en tiendrait aux théories qui avaient en leur faveur l'assentiment des savans.

L'Université a fait un choix entre ces théories; elle a chargé M. Haüy de rédiger un *traité de physique élémentaire à l'usage des Lycées*; et les professeurs que son livre doit guider s'exposeraient à de graves réprimandes, si, transgressant ce nouveau code, ils se permettaient d'enseigner sur l'électricité et le magnétisme une autre théorie que celle de Coulomb.

Ce savant a soumis à la même loi ces deux grands agens de la nature, et sa doctrine est fondée sur l'analogie, seule méthode qui puisse en effet conduire les hommes, avec quelque certitude, des choses connues aux choses inconnues.

Or, voici cette doctrine que l'on enseigne à nos enfans en les prévenant que ce n'est point un *système*, mais une

Les deux courans magnétiques se précipitent en convergeant vers le noyau de la terre, le traversent et jail-

---

théorie, ce qui est bien différent, attendu que dans un système on se permet d'imaginer, au lieu que dans une théorie on se contente de supposer, en prévenant l'élève, qu'on ne garantit point la vérité de ce que l'on suppose.

Nous connaissons des corps pondérables dont les uns s'appellent acides et les autres alkalis, et nous savons que ces deux corps, en se mêlant, se neutralisent, c'est-à-dire ne sont plus ni acides ni alkalis : on peut, dès lors, supposer qu'un procédé analogue a rendu les corps capables d'électricité et de magnétisme. Coulomb suppose donc que la nature a fait présent à chacun des corps qui sont susceptibles de ces deux modifications, de deux sels neutres, composés chacun de deux fluides impondérables, et qui ne diffèrent des autres sels neutres, qu'en ce qu'ils jouissent de la faculté de se décomposer d'eux-mêmes et sans l'intervention d'un troisième agent. Lorsque le sel électrique se décompose, il se manifeste, d'un côté, un *fluide résineux*, et de l'autre, un *fluide vitreux*; et lorsque le *sel magnétique* se décompose, un *fluide boréal* se précipite vers un bout de l'aiguille, et un *fluide austral* vers l'autre bout.

En admettant ces deux suppositions que les professeurs n'ont pas le droit de rejeter, puisque l'Université a décidé qu'elles formeraient la base de la théorie électrico-magnétique, il ne s'agit plus que d'expliquer les phénomènes, et la chose est facile pour nos jeunes géomètres; car, comme les problèmes analitiques que chaque phénomène présente ne sont que des problèmes de second ordre, il suffit, pour les résoudre, de savoir le peu de géométrie que l'on savait du temps de Newton.

lissent en divergeant de tous les points de sa surface, et en divergeant toujours d'autant plus qu'ils sont plus voisins du gouffre qui les a reçus.

Ces courans, en traversant la région de l'air habitée par l'homme, manifestent leur présence par quelques phénomènes qu'il s'agit d'expliquer.

« 270. Un aimant ou, ce qui revient au même, une aiguille aimantée suspendue à un fil, ou tournant sur un pivot, ou adhérente à un flotteur, se place dans la direction nord et sud; et l'on a observé que cet effet a lieu dans le cas même où l'aiguille est emprisonnée dans une boîte formée d'une matière très-dense et d'une grande épaisseur, et quel que soit d'ailleurs l'angle que les parois de la boîte forment avec le méridien magnétique. »

J'ai prouvé (183) que le fluide magnétique se mouvait avec une vitesse incomparablement plus grande que celle de la lumière, et qu'il ne devait éprouver aucune déviation sensible, en s'approchant des corps les plus denses. J'ai prouvé, en outre, que ce fluide devait être plus subtil que la lumière. Sa vitesse et sa subtilité suffisent dès lors pour expliquer la facilité avec laquelle il traverse les corps.

Si l'aiguille en liberté s'agite et prend toujours la direction des pôles de la terre, c'est que l'impulsion qu'elle reçoit, et que ne reçoivent point les autres corps, si l'on en excepte le nickel et le cobalt, tient à la nature particulière de la porosité du fer, qui détermine le fluide magnétique à s'y porter en plus grande abondance et avec une vitesse accélérée.

L'aiguille se trouvant alors actionnée par deux courans, dont l'un l'entraîne dans la direction du sud au nord, et l'autre dans la direction du nord au sud, satisfait en même temps à ces deux puissances, en présentant ses deux extrémités, l'une au nord et l'autre au sud.

271. « Lorsque l'aiguille suspendue à l'extrémité d'un fil très-long et très-léger, ou flottante sur un liquide, est détournée de sa direction naturelle, elle y revient très-rapidement, mais elle conserve parfaitement son à-plomb dans le premier cas; et dans le second, elle pivote sur place, sans être entraînée ni vers le nord ni vers le sud. Les expériences de Bouguer et de Coulomb ont prouvé que, dans aucun cas, l'entraînement n'avait lieu. »

Dans mon système, la chose doit être ainsi; car les deux courans qui agissent sur l'aiguille en sens contraire, ayant tous deux pour moteur le poids de l'univers, doivent avoir une force égale; et l'aiguille recevant une impulsion vers le sud, parfaitement égale à celle qu'elle reçoit vers le nord, obéit aux lois du mouvement en restant immobile. Mais il n'en est pas ainsi des deux mouvemens de direction, et l'aiguille suspendue par son milieu doit les exécuter très-rapidement, parce que pendant qu'une de ses moitiés est entraînée vers le sud par le courant nord, l'autre moitié est entraînée vers le nord par le courant sud.

Dans tout autre système, le phénomène est inexplicable; car si l'on supposait un seul courant au lieu de deux, une partie de l'action de ce courant devrait nécessairement se

changer en force impulsive, et il en serait de même, si l'on supposait une puissance attractive unique.

Dans l'hypothèse *classique*, le noyau de la terre est un fort aimant, et l'aiguille ne tourne un de ses pôles vers le nord, que parce que ce pôle est attiré par le pôle boréal de la terre. Les physiciens anglais qui, les premiers, avaient émis cette idée, en avaient conclu que le pôle que l'aiguille tourne vers le nord, devait être son pôle austral, attendu qu'il n'y a que les pôles de dénomination différente qui s'attirent. M. Haüy a adopté cette innovation qui a d'abord l'inconvénient d'embrouiller les idées et qui, en second lieu, est prématurée, puisque rien ne prouve cette attraction hypothétique exercée par le pôle de la terre à la distance de plus de 2000 lieues, et qui est d'ailleurs démentie d'une manière formelle par les expériences de Bouguer et de Coulomb : expériences qui ont été répétées dans des régions voisines du pôle, sans qu'aucun signe d'entraînement se soit manifesté.

On peut encore opposer à l'hypothèse de l'attraction exercée par l'action magnétique du globe terrestre, l'expérience suivante.

Lorsqu'une tourmaline chauffée se trouve électrisée négativement à l'une de ses extrémités et positivement à l'autre, si on la place sur un flotteur, et qu'on approche d'elle un conducteur électrisé négativement, elle tourne vers lui son extrémité positive, et si le conducteur est positif, elle lui présente son extrémité négative; mais dans l'un et l'autre cas, elle s'avance toujours d'une certaine quantité vers le conducteur dont elle éprouve l'action.

Comment se fait-il donc qu'une attraction exercée par le pôle boréal de la terre, et qui est assez puissante pour

déterminer le pôle austral de l'aiguille à se tourner vers le nord avec plus de rapidité que ne se meut le pôle de la tourmaline quand le conducteur qu'on lui présente est faiblement électrisé, n'exerce néanmoins aucune puissance attractive sur l'aiguille elle-même? Cette prétendue attraction du pôle boréal de la terre, à laquelle on attribue la direction de l'aiguille vers le nord, me paraît absolument inconciliable avec les lois du mouvement.

272. « La manière dont s'arrange la poussière ferrugineuse, disséminée sur une glace ou sur un papier à la proximité d'une barre aimantée, prouve que le fluide électrique tourbillonne autour de cette barre. »

Le fluide électrique traverse l'air avec une très-grande vitesse; mais cette vitesse est toujours moindre que sa vitesse virtuelle. Semblable à l'eau qui, descendant d'un lieu élevé, circule dans un aqueduc forcé, il réagit contre les parois des canaux à travers lesquels il se dirige, toujours prêt à les abandonner s'il se présentait quelque route plus facile. Or, la nature a voulu que les pores longitudinaux d'une barre de fer aimantée présentassent au fluide magnétique, un chemin facile; il doit donc s'y précipiter en convergeant, et s'y accélérer. Mais lorsqu'ensuite il sort avec une vitesse accélérée des pores de cette barre pour rentrer dans les pores de l'air, la résistance qu'il y éprouve le force de diverger, et les courbes de divergence, par leur continuation, deviennent des arcs elliptiques qui ramènent le courant en sens contraire.

Ce phénomène n'étant pas produit par un courant unique, mais par deux courans opposés, se manifeste à-la-

fois aux deux extrémités de l'aiguille et détermine le tourbillon invisible que nous révèle la poussière ferrugineuse.

Le croisement des deux courans magnétiques, nord et sud, dans l'intérieur de l'aiguille, n'a rien qui doive nous surprendre; car le fluide magnétique est plus rare que la lumière; et l'on sait que les courans de la lumière se croisent dans tous les sens, sans nuire ni à la direction, ni à la vitesse de leur mouvement (1).

L'intérieur de l'aiguille la plus mince présente aux deux courans magnétiques des millions de pores parallèles; et comme les deux courans opposés sont égaux en force, ils doivent partager entr'eux et à-peu-près par égale portion, les passages que leur présente cette aiguille : chaque courant persévérera donc dans sa direction jusqu'à ce qu'il survienne une cause suffisante de changement.

273. « Le fer n'est point aimanté par lui-même; il s'aimante par divers procédés, spécialement par le frottement d'un autre aimant. »

---

(1) Si vous opposez l'une à l'autre, à quelque distance, les tuyères de deux soufflets, les deux vents se croiseront, mais ils perdront une partie de leur vitesse. La perte de mouvement serait beaucoup moindre si l'expérience était répétée au sommet d'une très-haute montagne; et si l'on convient que la subtilité de l'air augmente très-rapidement, on doit arriver assez promptement à un terme de progression où la perte de mouvement sera inappréciable.

Les pores du fer (1) sont naturellement disposés à livrer un passage facile au fluide magnétique.

Le fer s'aimante de lui-même, lorsqu'il est placé dans une direction favorable. Il s'aimante par percussion, par compression, et par tous les moyens qui peuvent perfectionner la disposition de ses pores et les rendre plus propres à la circulation du fluide magnétique.

En frottant le fer avec un aimant naturel ou artificiel, on le soumet à un courant magnétique plus rapide, et il n'est pas étonnant que, dans ce cas, il soit plus promptement et plus fortement aimanté.

274. « Deux barres aimantées se repoussent, lorsqu'elles s'opposent réciproquement les pôles de même dénomination; elles s'attirent, si les pôles opposés sont de différente dénomination. »

Lorsqu'une barre aimantée est dérangée de sa position naturelle, et qu'elle se trouve placée, par exemple, dans la direction de l'est à l'ouest, les courans nord et sud con-

---

(1) On avait cru jusqu'ici que le fer était le seul corps de la nature auquel on pût communiquer les propriétés magnétiques; mais les expériences modernes ont prouvé que le nickel et le cobalt étaient susceptibles d'aimantation. Coulomb prétend même avoir éprouvé que l'or, l'argent, les os, et presque tous les corps, donnaient quelques signes de polarité magnétique : effets qui ont été attribués par d'autres physiciens à la présence de quelques particules de fer disséminées dans ces corps.

tinuent, pendant long-temps encore, d'entrer dans cette barre par les mêmes pôles qu'auparavant; ce qui n'est pas étonnant, vu que ces courans, en traversant l'air, sont toujours dans un état de compression qui détermine leur écoulement vers les points de moindre résistance.

Si le courant nord, en sortant par un pôle sud, rencontre le pôle sud d'une autre barre aimantée, il ne pourra pas s'y introduire, parce qu'alors il sera repoussé par un autre courant nord qui sortira de la seconde barre. La réaction de ces deux courans opposés, ou, pour parler plus exactement, de ces deux embranchemens opposés d'un même courant, sera sensible sur les deux barres; il y aura répulsion, et cet effet sera encore augmenté par la continuation de l'introduction simultanée des deux courans sud dans les pôles sud des deux barres.

Le contraire arrivera si les pôles opposés sont de différente dénomination. Le courant nord, sortant par un pôle sud, continuera sa route en se mêlant avec un courant de même nature et en entrant avec lui dans un autre pôle nord; et le courant sud, sortant par un pôle nord, continuera sa route par la même raison, en se mêlant avec le courant de même nature, qui entrait dans l'autre pôle sud. Il y aura, dans ce cas, entrelacement dans les fils des deux courans nord et sud, et l'entraînement résultant de leur rapidité réciproque, en sens contraire, rapprochera les pôles de dénomination différente. Si le rapprochement continue jusqu'au contact, il s'établira une plus grande régularité dans l'entrelacement, et plus le contact sera prolongé, plus la cohésion sera forte. Mais la cause à laquelle est due l'adhésion de deux aimans, ne résulte pas seulement de leur entraînement réciproque,

elle résulte encore du double tourbillon qui existe à leurs extrémités et dont les fils, après s'être recourbés, se croisent en sens contraire.

Le fluide qui opère ce prodige est moins dense que la lumière, mais sa densité n'est pas nulle; et comme sa vitesse, qui a pour cause le poids du fluide universel et qui surpasse cent fois au moins, et mille fois peut-être, la vitesse de la lumière, peut être considérée comme infinie, le mouvement qu'il produit et la résistance qu'il oppose à la séparation des deux aimans, sont des effets proportionnels à leur cause.

On voit dès lors que le fer, quoique non aimanté, et par cela seul qu'il est aimantable, doit être attiré par l'aimant. On voit pourquoi la force des aimans augmente graduellement par un chargement graduel; l'on conçoit, en un mot, les effets des différens systèmes d'armature, qui sont d'autant plus énergiques qu'ils sont mieux appropriés au but commun de ces divers appareils, qui est d'augmenter ou de régulariser l'action des courans.

275. « L'aiguille aimantée ne se dirige pas précisément vers les pôles de la terre; elle *décline* vers l'est ou l'ouest, d'une quantité variable suivant les temps et les pays. »

Le gouffre primitif par lequel s'est introduit le courant magnétique, n'a pas dû s'ouvrir au pôle même, mais à un point voisin du pôle, parce que le point d'introduction n'a pas dû être précisément celui où la résistance était nulle, mais celui où la résistance s'est trouvée moindre que la puissance.

Mais, comme les causes réciproques de puissance et

de résistance sont susceptibles de variations, le centre du gouffre doit ~~perpétuellement~~ souvent changer de place. Il est nécessaire d'ailleurs d'observer que les courans magnétiques ne font mouvoir l'aiguille qu'après avoir traversé une grande partie du noyau terrestre; et les lois de la moindre résistance qui, elle-même, dans ce cas, est composée d'élémens variables, suffisent pour expliquer la raison pour laquelle la *déclinaison* n'est pas la même pour les différens pays, et pourquoi elle n'est pas, en tout temps, la même dans le même pays.

Les mêmes causes influent sur les divers degrés d'inclinaison de l'aiguille.

276. « L'aiguille aimantée est *inclinée* à l'horizon dans la direction du pôle le plus voisin. Il y a quelque variété dans les degrés d'inclinaison, mais elle est toujours d'autant plus forte que l'on approche davantage du pôle. »

Au moment où le courant magnétique pénètre dans l'intérieur du noyau, il jouit de sa plus grande accélération et se trouve contenu sous son plus petit volume.

On peut alors le considérer comme un cylindre doué d'un mouvement progressif et composé de plusieurs milliards de fils contigus.

Ce cylindre se meut avec une vitesse presque infinie, à travers le calorique de la terre, qui lui oppose son inertie, et qui doit, dès lors, occasionner la divergence des fils du cylindre; l'effet de cette divergence est de détacher graduellement les fils de la surface du cylindre. Les premiers fils détachés doivent être ceux qui éprouvent la plus forte divergence; car, comme ils sont les plus

saillans, rien ne peut s'opposer à l'effet de leur écartement. Et comme ces fils sont eux-mêmes des cylindres que la divergence convertit en cônes, leurs axes doivent s'élever, par une courbe, vers la surface de la terre, et en sortir par une continuation de cette courbe que l'on peut considérer comme une ligne droite, plus ou moins *inclinée* au plan de l'horizon et toujours dirigée vers l'équateur.

Mais à mesure que le cylindre principal s'avance vers le centre de la terre, les nouveaux fils qui s'en détachent éprouvent une moindre divergence, parce que, lorsque le milieu traversé ne varie pas, l'angle de divergence doit toujours être proportionnel à la vitesse du fluide qui éprouve la divergence, et que le mouvement impulsif du cylindre doit diminuer progressivement à raison du mouvement qu'il communique au calorique terrestre dont il traverse la masse.

Les courans magnétiques qui sortent de la terre, doivent donc s'approcher d'autant plus de la perpendiculaire, qu'ils sont moins éloignés des pôles, et le redressement graduel des effluves magnétiques dans la direction de l'équateur aux pôles est conforme à l'observation.

La plus grande inclinaison qui ait été observée, est celle qui a été reconnue par Phipps; elle était de 82 degrés à 79° 44 de latitude méridionale; l'inclinaison moyenne est, à Paris, de 72°, et elle diminue progressivement jusqu'à l'équateur où elle est nulle, du moins en apparence.

Je dis *en apparence*, parce que l'aiguille est toujours placée entre deux courans contraires qui sortent en même temps de la terre, et dont l'un la sollicite dans

une direction, tandis que l'autre la sollicite dans une direction opposée.

L'inclinaison indiquée par l'aiguille, à Paris, par exemple, n'est point l'inclinaison véritable du courant boréal qui sort de la terre à Paris, mais son inclinaison modifiée par l'effort du courant austral qui sort de la terre sous un angle plus aigu, et qui, s'il était seul, ferait incliner l'aiguille d'une petite quantité dans la direction vers l'équateur.

Plus on approche du pôle, et plus la différence d'inclinaison entre les deux courans devient considérable; mais, comme cette différence diminue progressivement en approchant de l'équateur, l'inclinaison de l'aiguille, qui n'est qu'une moyenne proportionnelle, doit diminuer à mesure que la différence d'inclinaison des deux courans diminue; elle doit donc se trouver horizontale sous l'équateur; car la ligne horizontale est la moyenne proportionnelle entre deux inclinaisons semblables et opposées.

277. « Une barre de fer, suspendue dans une position verticale, s'aimante d'elle-même. »

Il résulte de l'explication du phénomène précédent, que les courans magnétiques sont plus verticaux que ne l'indique l'inclinaison de l'aiguille; une barre verticale doit donc s'aimanter naturellement.

Il doit, d'ailleurs, se trouver à la surface de la terre une infinité de dérivations du courant magnétique, moins inclinées que la masse générale du courant. Ces petits courans disposent les pores de la barre à recevoir un courant plus considérable, et l'aimantation spontanée doit

dès lors s'opérer avec facilité, quoique la barre ne soit pas placée précisément dans la direction du courant principal.

278. « Lorsque cette aimantation spontanée a lieu dans l'hémisphère boréal, le pôle inférieur est toujours un pôle nord (ancien style); le contraire a lieu dans l'hémisphère austral; et sous l'équateur, la polarité reste indéterminée. »

Les courans opposés n'entrent dans la barre verticale qu'après avoir traversé la terre, et c'est le courant le moins éloigné de la verticale qui doit déterminer la polarité; mais comme sous l'équateur, la barre est aimantée à-la-fois par deux courans ascendans, égaux en inclinaison, le hasard seul pourrait y déterminer une faible polarité australe ou boréale dans son extrémité inférieure. Quant à la polarité de son extrémité supérieure, elle devient insensible à quatre ou cinq degrés de l'équateur, (Expérience de M. le Monnier, article *aiguille magnétique*, *Encyclopédie.*) parce que le courant sud ou nord, qui devrait la déterminer en descendant dans la barre, se trouve avoir, à cette latitude, une direction trop voisine de la verticale, qui ne lui permet pas de rétrograder pour descendre dans la barre.

279. « C'est une chose digne de remarque que, hors ce cas particulier, un pôle magnétique ne se forme jamais seul dans une barre, et qu'il s'y établit toujours au même instant un pôle opposé. »

Ce phénomène est la conséquence nécessaire de la

divergence du fluide au moment où il sort de la barre qu'il a traversée.

Tous les points de l'espace sont remplis par les deux courans magnétiques qui ne se confondent pas, parce qu'ils ont chacun leur direction différente et que leur extrême rareté leur permet de se croiser.

Celui des deux qui, le premier, a traversé la barre, s'épanouit en une gerbe divergente et dont les filets forment conséquemment entr'eux des vides proportionnels. C'est dans ces vides que l'autre courant se précipite, parce qu'il suit, en s'y précipitant, la loi de la moindre résistance. Ce second courant converge donc d'abord entre les vides de la gerbe jusqu'à leur naissance ; il pénètre ensuite dans ceux des pores du fer que le premier courant n'a point traversés ; il s'y accélère, en sort, et forme en sortant une nouvelle gerbe divergente qui, loin de nuire au premier courant, favorise, au contraire, la continuité de son écoulement, en lui présentant dans ses vides une infinité d'entonnoirs.

280. « On a vu quelquefois l'aiguille devenir folle après un violent coup de tonnerre. »

Le fluide magnétique ou élémentaire, l'électricité et le calorique sensible ne sont qu'un seul et même fluide, et j'ai déjà prouvé (249) que dans le changement d'état des corps, le calorique sensible se convertissait en électricité lorsqu'ils passaient de l'état solide à l'état liquide ou gazeux, et que le contraire avait lieu lorsqu'ils passaient de l'état gazeux à l'état liquide ou solide.

Lorsque les principes dissous dans le fluide magnétique ou élémentaire retournent à l'état solide, ce qui

a lieu dans le phénomène de la végétation et dans celui de la formation des métaux, le fluide ~~électrique~~ magnétique se convertit en calorique sensible ; il doit de même, dans certains cas, se convertir en électricité.

Le calorique, dans ses diverses fonctions, obéit à la loi de la moindre résistance ; et s'il s'est fait dans l'atmosphère une déperdition subite de calorique sensible ou électrique, le calorique magnétique doit se précipiter vers le lieu où la pression est moindre et cesser momentanément ses fonctions.

Le courant magnétique peut, dans ce cas, être comparé à un fleuve dans le lit duquel il se serait ouvert une profonde cavité, et qui ne cesserait de couler jusqu'à ce qu'il eût comblé l'abîme.

281. « Le capitaine Ellis rapporte que s'étant trouvé, dans la baye d'Hudson, entouré de plusieurs îles de glace, l'aiguille aimantée ne donna plus aucun signe de sensibilité ; qu'il ne put lui rendre sa vertu en la touchant avec un fort aimant ; mais qu'il la lui rendit en la plaçant dans un endroit chaud. »

D'après le récit de ce navigateur, il paraîtrait que le froid excessif détruit la vertu magnétique, et il serait facile de constater ce fait à l'aide d'un froid artificiel.

Si son exactitude était reconnue, il en résulterait, selon moi, que, dans ce cas, le calorique magnétique se convertit en calorique sensible ; car il me paraît peu vraisemblable d'attribuer cet effet au rétrécissement des pores dont le diamètre doit toujours être assez grand.

282. « L'aiguille magnétique éprouve chaque jour une déclinaison constante, le matin vers l'ouest, et le soir vers l'est. »

La déclinaison quotidienne de l'aiguille est due aux rayons du soleil dont la direction repousse, le matin vers l'ouest et le soir vers l'est, la portion des courans magnétiques qui dirigent l'aiguille dans le lieu où se fait l'observation.

M. Haüy, qui rend compte de cette déclinaison, n'a pas tenté de l'expliquer d'après le système admis dans les écoles; mais il a cité, sans l'adopter ni la rejetter, l'explication qu'en a donnée M. Canton.

Ce physicien suppose que la chaleur des rayons solaires occasionne, dans la force attractive du noyau magnétique du globe, une diminution; que cette diminution ayant lieu le matin dans les parties situées du côté de l'est, l'aiguille moins attirée de ce côté doit alors décliner vers l'ouest, et que l'effet opposé doit avoir lieu dans l'après-midi.

Mais ce noyau magnétique, s'il existe, doit être situé fort au-dessous de la croûte de la terre, qui a au moins cinq à six cents toises d'épaisseur; et il n'est pas vraisemblable que les rayons du soleil dont la chaleur ne pénètre pas jusqu'à nos caves, puissent produire un effet instantané dans les profondeurs du globe, non seulement pendant l'été, mais encore pendant l'hiver. Comment supposer d'ailleurs que les rayons du soleil, qui ne diminuent pas la puissance attractive des aimans ordinaires exposés en plein midi à leur action immédiate, puissent diminuer la puissance attractive d'un aimant imaginaire,

enfoncé à une profondeur de plusieurs lieues au-dessous de la surface de la terre ? »

283. « On a observé que quelquefois l'aiguille, après avoir terminé le soir sa déclinaison vers l'est, déclinait vers l'ouest d'une petite quantité ; et que quelquefois aussi le matin, avant de décliner vers l'ouest, elle faisait un petit mouvement vers l'est. »

Le petit mouvement du soir est l'effet de la réaction du courant magnétique qui, après avoir été poussé vers l'est au-delà de certaines bornes, rentre dans son lit naturel.

Le petit mouvement du matin peut être attribué à l'effet de la raréfaction subite que produisent, dans l'air, à l'horison, les premiers rayons du soleil. Le calorique de l'air est alors attiré vers l'est, et la partie du courant magnétique qui n'a point encore été frappée par la lumière, est elle-même entraînée par le mouvement général.

284. « On a remarqué, à Paris, qu'avant 1666, l'aiguille déclinait de quelques degrés vers l'est ; mais depuis 1666 où la déclinaison s'est trouvée nulle, elle a augmenté graduellement vers l'ouest (1). L'augmentation, depuis

(1) *Table des accroissemens de la déclinaison de l'aiguille aimantée vers l'Ouest, observés à Paris depuis* 1666 *jusqu'en* 1750.

Années.	*Degrés.*	*Minutes.*	*Années.*	*degrés.*	*Minutes.*
1666	0	0	1680	2	40
1670	1	30	1681	2	30

1666 jusqu'à 1696, a été de sept degrés. Depuis 1696 jusqu'en 1726, elle n'a été que de six degrés. Depuis

Années.	*Degrés.*	*Minutes.*	*Années.*	*Degrés.*	*Minutes.*
1683	3	50	1721	13	0
1684	4	10	1722	13	0
1685	4	10	1723	13	0
1686	4	30	1724	13	0
1692	5	50	1725	13	15
1693	6	20	1726	13	45
1695	6	48	1727	14	0
1696	7	8	1728	14	0
1698	7	40	1729	14	10
1699	8	10	1730	14	25
1700	8	12	1731	14	45
1701	8	25	1732	15	15
1702	8	48	1733	15	45
1703	9	6	1734	15	45
1704	9	20	1735	15	40
1705	9	35	1736	15	0
1706	9	48	1737	14	45
1707	10	10	1738	15	10
1708	10	15	1739	15	20
1709	10	15	1740	15	45
1710	10	50	1741	15	40
1711	10	50	1742	15	40
1712	11	15	1743	15	10
1713	11	12	1744	16	15
1714	11	30	1745	16	15
1715	11	10	1746	16	15
1716	12	20	1747	16	30
1717	12	45	1748	16	15
1718	12	30	1749	16	30
1719	12	30	1750	17	15
1720	13	0			

1726 jusqu'en 1750, elle n'a été que de quatre degrés. Depuis 1750 jusqu'à présent, elle n'a été que de cinq degrés; et depuis quelques années, l'augmentation est à peine sensible. »

La déclinaison progressive vers l'ouest, est la conséquence nécessaire du mouvement de rotation de la terre, qui est dirigé vers l'est.

L'effet du courant de la lumière sur le courant magnétique, est plus puissant le matin que le soir, d'une quantité égale à deux fois la vitesse de la rotation de la terre; car, le matin, la terre va au-devant du courant de la lumière, et le soir, au contraire, elle fuit devant lui.

Il doit résulter de cet état de choses que, dans les oscillations diurnes, le courant magnétique est, en général, un peu plus repoussé le matin vers l'ouest, qu'il n'est repoussé le soir vers l'est; et l'accroissement *annuel* de la déclinaison vers l'ouest, est le résultat de la somme de toutes les petites différences *diurnes*.

La rapidité de l'accroissement annuel de la déclinaison vers l'ouest, a dû décroître et a décru en effet, à mesure qu'en s'éloignant du pôle, le courant magnétique a éprouvé, dans la traversée du tourbillon de la terre, une résistance plus sensible.

L'accroissement de la déclinaison vers l'ouest aura son terme, à l'époque où cette résistance deviendra égale à l'action répulsive de la lumière.

Il n'y aura point alors de rétrogradation graduelle, mais un état d'équilibre qui subsistera jusqu'au moment où le courant magnétique, échappant tout-à-coup à la pression de la lumière, reprendra son chemin naturel

par le pôle, et passera même de quelques degrés du côté de l'est, à cause de la rapidité de sa rétrogradation.

285. « M. de Saussure a construit un instrument à l'aide duquel il est parvenu à mesurer la puissance attractive d'une même barre aimantée pendant les divers changemens de température; et il est résulté de ses expériences, que l'aimant augmentait de force en raison inverse de la température, et qu'il suffisait d'une variation d'un demi-degré au thermomètre, pour rendre sensible cette différence. »

J'ai dit que les courans magnétiques, en traversant l'air, y éprouvaient une résistance qui les retardait, tandis qu'au contraire, en suivant la route que leur présentaient les pores du fer aimanté, leur mouvement progressif éprouvait une facilité qui les accélérait.

Il résulte de cette explication, que plus la différence est grande entre le degré de résistance que présente l'air et celui que présente le fer, plus les courans doivent s'accélérer en traversant le fer.

La diminution d'un demi-degré de température dans l'air, ne pouvant se communiquer qu'avec lenteur dans la barre aimantée, et l'effet observé par M. de Saussure étant très-prompt et toujours proportionnel aux variations de la température de l'air, les variations observées dans le degré de force attractive de la barre aimantée ne doivent pas être attribuées au fer, mais à l'air.

Or, l'air ne peut augmenter de température sans augmenter de volume; ses molécules solides sont alors

plus écartées l'une de l'autre, et le diamètre des atmosphéroïdes est augmenté.

Dans cet état de plus grande rareté, l'air doit opposer aux courans magnétiques une résistance moindre que lorsqu'il est plus condensé.

La différence entre la résistance des pores de l'air et la résistance des pores du fer, se trouvant d'autant moindre que la température de l'air s'élève davantage, le fluide magnétique doit alors converger vers le fer avec moins de rapidité au moment où il y entre, et diverger avec moins d'énergie au moment où il en sort; et comme l'entraînement du fer attiré vers l'aimant, ou son adhérence à l'aimant lorsqu'ils sont en contact, sont produits par le concours de ces deux causes, ces deux effets doivent nécessairement diminuer en même temps que leurs causes, et augmenter en même temps qu'elles.

» 286. Les laves volcaniques produisent une perturbation sur l'aiguille aimantée; la poussière de bazalte et celle de pouzzolane, sont attirables par l'aimant; mais il a été observé, à cet égard, deux effets absolument opposés. Dans l'éruption de l'Etna de 1754, la lave ne produisit aucune ~~des~~ perturbations sur l'aiguille, tandis que, dans l'éruption de l'année suivante, Récupéro ayant placé sa boussole sur la lave, l'aiguille s'agita avec violence pendant un temps considérable, jusqu'à ce qu'enfin elle perdît entièrement sa puissance magnétique; et il fallut l'aimanter de nouveau.

La pouzzolane et le bazalte qui sont des matières volcaniques, et toutes les laves en général dont M. Faujas

de St.-Fond considère le bazalte comme la base, contiennent plus ou moins de fer, et sont dès lors plus ou moins attirables. Ce savant minéralogiste a observé que cette variabilité dans la puissance que ces corps exercent sur l'aiguille, dépendait moins de la quantité de ce métal, que de son état d'oxidation plus ou moins grand, et surtout de la vitrification plus ou moins parfaite à laquelle il est parvenu.

Il est donc possible que dans la lave de 1754 il se soit trouvé moins de fer que dans celle de 1755 et que le fer y ait été plus oxidé et enveloppé dans des matières plus complètement vitrifiées ; mais l'agitation extraordinaire de l'aiguille et la destruction totale de sa propriété magnétique, pouvait dépendre aussi de la présence d'un métal plus aimantable que le fer, et qui se trouvait dans cette lave en abondance dans un état d'oxidation assez faible pour ne pas nuire à l'énergie de son action.

Ce métal, que je suppose être le silicium, d'après les motifs que j'ai expliqués au chapitre des aérolithes, ou le fer lui-même à l'état d'aimant, pouvaient entraîner avec eux un tourbillon de fluide magnétique dont le mouvement s'exerçait en sens contraire de celui de l'aiguille.

L'aiguille se sera trouvée alors tourmentée par des courans opposés, et sa première aimantation aura été détruite par une aimantation accidentelle exercée en sens inverse de la première.

287. « Si l'on transporte une boussole au sommet d'une montagne volcanique, elle y éprouve une très-forte agitation, et ce n'est qu'après un grand nombre d'oscilla-

tions dans diverses directions qu'elle se replace enfin dans sa position ordinaire. »

Cet effet est de même nature que le précédent; les courans extraordinaires qui agitent alors l'aiguille, sont seulement plus faibles et n'ont pas une direction aussi déterminée, parce qu'ils sont produits par le fer ou par le silicium qui sont alors à l'état de gaz métalliques, attendu que l'oxigène de l'atmosphère avec lequel ils ne se mêlent qu'après avoir traversé les issues du volcan, n'a pas eu encore le temps de se combiner avec eux.

288. « Bouguer a trouvé au Pérou des rochers noircis, semblables à des masses d'argile fendillées au soleil, qui exerçaient sur la boussole une action extraordinaire. Il suffisait, dit-il, de faire cinq ou six pas pour voir l'aiguille changer de direction, quelquefois de plus de trente degrés. Et M. Faujas de St.-Fond, qui cite la relation de Bouguer, ne doute point que ces rochers ne fussent du bazalte cristallisé. »

Le fer est le plus aimantable des métaux, mais il n'est pas le seul, puisque le cobalt et le nickel sont susceptibles d'aimantation, et que le nickel s'aimante presque aussi facilement que le fer.

Les chimistes ont établi en principe général, que les métaux perdaient leur propriété magnétique en raison de la quantité d'oxigène qu'ils contenaient.

La nature ne nous présente le fer des mines qu'à l'état d'oxide; l'aimant est le moins oxidé de tous les fers minéraux : on l'appelle protoxide de fer. Les autres mines contiennent le fer ou à l'état de deutoxide, ou à l'état de

tritoxide; ce dernier ne s'aimante jamais naturellement, au lieu qu'il n'en est pas de même du deutoxide, dont les cristaux donnent des signes d'aimantation naturelle.

Il est possible que les roches observées au Pérou soient des laves d'un ancien volcan ; et si le fer s'y trouve en abondance et qu'il y soit à l'état métallique ou à l'état de protoxide, le phénomène observé par Bouguer n'aurait rien d'étonnant : mais comme ces roches n'ont point été soumises à l'analise, on en est réduit, à cet égard, à de simples conjectures. J'adopte volontiers celle de M. Faujas de St.-Fond ; mais je considère toujours les produits volcaniques comme pouvant contenir un métal aimantable autre que le fer, le cobalt ou le nickel.

La matière que nous appelons silice et qui abonde dans la nature, est le silicium à l'état d'oxide ; mais nous ignorons s'il n'est pas, dans ce cas, à l'état de sa plus forte oxidation ; et s'il en était ainsi, il ne serait pas étonnant que la silice ne fût point attirable par l'aimant, tandis qu'au contraire le silicium qui, comme le fer, serait susceptible de se combiner avec l'oxigène en diverses proportions, se trouverait dans quelques laves à l'état de protoxide, et dès lors très-attirable.

En approchant un fort aimant de la pouzzolane ou du bazalte pulvérisé, il s'attache à la pierre des particules que l'on a considérées, sans aucun doute, comme étant des particules de fer, parce que, à l'époque où ces essais ont été faits, on ne soupçonnait pas qu'il pût exister dans la nature d'autre métal aimantable que le fer. Maintenant que l'expérience a prouvé le contraire, il peut être permis de concevoir des doutes sur la nature des parcelles attirables, et il serait à desirer que ces parcelles fussent

recueillies, et que les chimistes s'assurassent s'il n'existe point parmi elles quelqu'autre métal que le fer.

DES PHÉNOMÈNES CALORIFIQUES.

De la cause de la chaleur.

289. Tous les corps solides ou fluides sont dissous dans le calorique.

Le calorique ne produit de la chaleur que lorsque, par la nature de son mouvement, il augmente l'état de pression dans lequel se trouve le calorique dissolvant des corps.

Le calorique magnétique traverse les corps les plus denses avec une telle rapidité, qu'il n'augmente jamais l'état de pression de leur calorique dissolvant.

Le calorique électrique ne l'augmente pas non plus, ou du moins ne l'augmente pas d'une manière sensible, lorsque les corps à travers lesquels il passe sont à l'état fluide ou même à l'état liquide, ou lorsqu'il circule entre l'air et la surface des corps solides.

Mais lorsqu'il circule dans l'intérieur des corps solides, ce qui n'a jamais lieu que dans des cas extraordinaires, la résistance qu'il y éprouve est cause qu'il ne peut les traverser sans comprimer leurs atmosphéroïdes.

Le phénomène de la chaleur doit donc alors se manifester.

Le calorique solaire lancé en même temps que la lumière, et se mouvant avec elle d'un mouvement commun, traverse avec facilité l'air des hautes régions de l'atmos-

phère et même l'air de la moyenne région, sans en élever la température d'une manière sensible.

Mais il ne peut traverser l'air plus dense et moins pur qui se trouve dans les profondeurs des vallées, sans comprimer un peu son calorique dissolvant : je dis *un peu*, car je suis convaincu que le passage du calorique solaire à travers l'air, lorsque l'air est dans son état naturel de diaphanéité, ne contribue que pour une petite quantité à l'élévation de sa température, qui est due pour la plus grande partie à la proximité de la surface de la terre avec laquelle il est en contact.

Lorsque le verre est très-diaphane, le calorique solaire le traverse avec facilité, et alors il en élève très-peu la température ; mais à mesure que la transparence du verre diminue, le calorique solaire que le verre absorbe, comprime son calorique dissolvant et élève sa température.

Lorsque le calorique solaire tombe sur une grande masse d'eau, il décrit dans l'intérieur de cette eau des courbes plus ou moins amples, suivant le degré d'obliquité de son incidence ; et comme une grande partie du calorique s'échappe par la réflexion, il n'occasionne alors dans le calorique dissolvant de l'eau qu'une légère pression.

Si la couche d'eau est moins épaisse, il y aura moins de calorique réfléchi ; le fond du vase qui interceptera une partie des rayons, s'échauffera et élévera par communication la température de l'eau.

Le calorique solaire décrit au-dessous de la surface d'un miroir métallique une courbe qui le réfléchit en partie ; et si le miroir était assez parfait pour le réfléchir

en totalité, il n'en éprouverait aucune élévation de température.

Le calorique terrestre beaucoup moins pur que le calorique solaire, et qui ne se meut qu'avec une vitesse de 18 pouces par seconde, ne peut passer que très-difficilement à travers le calorique dissolvant des corps ; son effort doit donc être employé à le comprimer, et conséquemment à élever leur température.

Du calorique rayonnant.

290. On a écrit des volumes sur le calorique rayonnant, et il est très-vrai cependant que le calorique ne rayonne point : toutes les expériences à l'aide desquelles on a cru pouvoir démontrer cette propriété, ne prouvent rien autre chose, sinon que le calorique qui quitte un corps dans lequel il est pressé, pour se réfugier dans l'air où il est moins pressé, produit sur les atmosphéroïdes de la couche d'air qui est en contact avec le corps chaud, une pression qui change momentanément leur forme.

La fluctuation qui résulte de cette pression doit devenir sensible aux corps froids qui se trouvent dans la sphère d'activité de cet air ; et comme leurs atmosphéroïdes se trouvent, dans ce cas, pressées par la réaction des atmosphéroïdes de l'air, leur température doit s'élever.

On place dans une chambre froide une masse de fer très-chaude ; les spectateurs qui environnent cette masse et qui éprouvent alors de la chaleur, attribuent cette chaleur au calorique lancé par la masse ; ils se trompent : la température qu'ils éprouvent est due toute entière à l'air dont les atmosphéroïdes pressées mécanique-

ment, compriment elles-mêmes le calorique dissolvant des spectateurs.

Si l'on dispose deux miroirs concaves, égaux et dont le diamètre soit d'environ deux pieds, à la distance d'environ douze pieds l'un de l'autre, et qu'après avoir pris soin de les poser en regard et sur un axe commun, on mette au foyer de l'un d'eux un corps chaud, et au foyer de l'autre un corps froid, ces corps se trouveront en communication de température. Un glaçon fera baisser le thermomètre ; un vase plein d'eau bouillante le fera monter ; un charbon ardent allumera de la poudre à canon, etc.

Dans tous ces cas, l'équilibre de pression du calorique se trouvant rompu entre l'air et le corps chaud ou froid qui est en contact avec lui, le mouvement de fluctuation doit s'établir, dans le premier cas, du centre à la circonférence, et dans le second cas, de la circonférence au centre ; mais dans les deux cas, il doit avoir lieu d'une manière régulière, c'est-à-dire, que la fluctuation doit croître ou décroître dans une proportion quelconque.

Si le corps placé au foyer d'un des deux miroirs est chaud, la fluctuation choquera avec une force égale tous les points de la surface du miroir, dont chacun réagira sur l'atmosphéroïde qui l'aura choqué, et la comprimera dans une direction correspondante à la surface du miroir opposé. Cette atmosphéroïde comprimera elle-même, dans le même sens, l'atmosphéroïde qui se trouvera dans la même direction, et de proche en proche, la compression sera communiqué à l'atmosphéroïde qui est en contact avec le point correspondant de la surface du miroir opposé : et comme la même chose aura lieu

sur tous les autres points des deux miroirs concaves, le second de ces miroirs, en réagissant sur les atmosphéroïdes qui le compriment dans une direction parallèle à son axe, les comprimera à son tour, et cette compression s'exercera dans la direction vers son foyer. Le calorique dissolvant du corps froid placé à ce foyer sera donc comprimé avec une force égale (sauf quelques pertes) à celle avec laquelle le corps chaud a comprimé les atmosphéroïdes aériennes qui lui étaient contiguës et qui se trouvaient placées dans la direction vers la surface du premier miroir. La poudre à canon devra donc, dans ce cas, être embrâsée par la pression d'un air avec lequel elle se trouve en équilibre de température; et cet effet qui aura toujours lieu, quelque basse que soit la température de l'air en contact avec la poudre, ne doit pas paraître plus étonnant que l'embrâsement de la poudre dans l'air glacé d'un briquet pneumatique : car dans l'un et l'autre cas, le calorique dissolvant de l'air se trouvera converti en calorique sensible par l'effet de la pression.

Le bloc de glace placé à l'un des foyers, produit un effet analogue, par une cause contraire.

Le calorique dissolvant de la glace étant dans un état de moindre pression, est comprimé par le calorique dissolvant de l'air environnant, et l'affluence du calorique de l'air vers ce centre de moindre résistance, doit occasionner une fluctuation à laquelle prennent part toutes les atmosphéroïdes de l'air en contact avec la surface du miroir, au foyer duquel se trouve le bloc de glace. Si le miroir n'eût pas existé, la fluctuation se serait étendue dans les couches d'air situées au-delà du miroir; mais ce mouvement qui eût résulté de la nature des choses, se

trouvant intercepté, ce n'est plus alors l'air situé au-delà du miroir, c'est celui qui se trouve dans la direction parallèle à son axe qui éprouve l'effet de la fluctuation rétrograde : fluctuation qui se continue jusqu'à la surface de l'autre miroir où elle se trouve encore une fois interrompue. Le cylindre d'air en fluctuation doit dès lors être remplacé par le cône d'air dont le sommet est au foyer du second miroir ; et c'est, dans ce cas, le calorique dissolvant du thermomètre placé à ce foyer qui doit fournir au calorique dissolvant de l'air environnant, le degré de pression que lui a fait perdre la fluctuation rétrograde occasionnée par le bloc de glace.

On a prétendu expliquer le refroidissement du thermomètre, en disant que, dans ce cas, il faisait fonction de corps chaud, et que c'était son calorique rayonnant qui, après avoir été renvoyé parallèle par le miroir au foyer duquel il se trouvait, était reçu par le second miroir, et réfléchi par lui vers la glace.

Mais il est difficile de concevoir la cause qui pourrait déterminer un thermomètre en équilibre de température avec l'air environnant, à remplir une fonction que les corps ne remplissent que lorsqu'ils sont plus chauds que l'air qui les environne ; et cette explication se trouve d'ailleurs démentie par l'expérience : car M. Davy a observé que la neige fondait moins vite dans la direction vers le miroir que dans toutes les autres directions.

Cette observation est favorable à l'explication que je viens de donner ; car la fluctuation qui détermine, selon moi, la fusion de la glace, éprouvant du côté du miroir un obstacle qu'elle n'éprouve point dans les autres directions, doit produire de ce côté un effet moins sensible.

On a éprouvé qu'en plaçant entre les deux miroirs un écran de verre, on interceptait entièrement la communication de température lorsqu'on opérait avec de la chaleur obscure; qu'on l'interceptait seulement en partie lorsque le corps chaud était lumineux; et que, soit que la chaleur fût obscure ou accompagnée de lumière, on diminuait considérablement l'effet de la communication, en agitant l'air intermédiaire.

M. Davy qui a fait ces trois expériences a observé en outre que, pour intercepter entièrement l'effet de la chaleur obscure et celle du froid, il suffisait d'un simple écran de gaze dont le diamètre fût égal à celui des miroirs. Or, il est impossible de croire que si un corps aussi subtil que le calorique jouissait, comme on le prétend, d'un mouvement translatif, un écran de gaze fût suffisant pour arrêter ce mouvement.

L'opinion que je viens d'émettre sur la manière dont le calorique terrestre se communique aux corps environnans, se rapproche beaucoup de l'opinion de M. Leslie qui pense que le phénomène du rayonnement de la chaleur terrestre dépend de certaines pulsations ou ondulations de l'air, susceptibles d'être réfléchies, et non d'être réfractées.

M. Davy, après avoir combattu cette dernière opinion par des motifs que lui-même ne trouve pas décisifs, émet une opinion peu différente, en disant (pag. 308): « Ces effets du rayonnement de l'air mu par la chaleur et par le froid, ont le plus grand rapport avec le mouvement vibratoire de ce fluide par le son; lequel fluide peut également éprouver les divers genres de réflexion ».

Je vais prouver par le raisonnement que cette ressemblance, soupçonnée par M. Davy, existe en effet.

Le vent ne détruit pas le son, mais il nuit à sa propagation dans une direction, tandis qu'il la favorise dans une autre.

Or, l'expérience des deux miroirs est toujours modifiée par un vent ascendant si le corps est chaud, et par un vent descendant si le corps est froid : le premier de ces vents nuit à l'effet de l'expérience; le second le favorise.

L'air en contact avec le corps chaud acquiert une légèreté spécifique et s'élève verticalement; le courant continu qui en résulte doit dès lors diminuer l'effet de la fluctuation divergente sur un miroir placé horizontalement, et il en diminuerait encore davantage l'effet, si le miroir se trouvait placé sous le corps chaud.

Mais l'air en contact avec une boule de neige ne peut presser le calorique dissolvant de ce corps, sans qu'une partie de son propre calorique ne s'y introduise : l'air en contact devient donc plus froid que l'air environnant; il tombe par l'effet de la diminution de sa légèreté spécifique, et la continuation de cet effet produit un courant descendant; mais le vide occasionné par la chute de l'air refroidi doit occasionner un déplacement dans l'air environnant dont la fluctuation s'exerce alors, en convergeant depuis la surface du miroir jusqu'au foyer où se trouve la neige; et ce déplacement, en occasionnant un mouvement correspondant dans la colonne d'air parallèle à l'axe des deux miroirs, favorise le mouvement de fluctuation de cette colonne, et par suite la fluctuation du cône d'air divergent, correspondant à la surface de l'autre miroir.

On aura peut-être de la peine à concevoir comment il se fait que la lumière dégagée de nos combinaisons chimiques, se propage avec une très-grande vitesse, tandis que le calorique, que je suppose plus subtil que la lumière, ne se communique qu'à l'aide des fluctuations de l'air.

Mais c'est précisément la rareté relative du calorique qui l'empêche de s'écouler avec la même vitesse que la lumière.

290. Deux molécules placées à distance attractive se précipitent l'une vers l'autre, et lancent avec une égale vitesse le calorique et la lumière que leur atmosphéroïde commune ne peut plus admettre.

Ces deux fluides sont lancés à travers le calorique dissolvant de l'air. La lumière qui a plus de masse et conséquemment moins de volume que le calorique, communique moins de mouvemens au calorique qu'elle traverse, et le fil lumineux se forme par l'affluence des globules. Ce fil suit la route que le premier globule a tracée, et se meut sinon avec uniformité, du moins avec une vitesse qui n'est pas sensiblement retardée.

Mais le calorique lancé à travers le calorique dissolvant de l'air, c'est-à-dire, à travers un fluide parfaitement homogène, doit perdre, dans un temps très-court, la totalité de son mouvement impulsif. Il cesse alors d'être calorique lancé, il devient calorique pressé; et l'effet qu'il produit, dans ce cas, se trouve de même nature que celui qui a lieu lorsqu'une masse solide tombe dans l'eau. L'eau est lancée par cette masse dans toutes les directions ; mais comme le mouvement translatif de l'eau

à travers l'eau, éprouve un obstacle, il se convertit en mouvement de fluctuation ; les ondulations deviennent visibles à la surface de l'eau, et les corps voisins les réfléchissent d'après les mêmes lois qui déterminent les réflexions du son.

Mais la lumière, en s'échappant à travers l'air, entraîne toujours avec elle quelques parcelles de calorique dont elle ne se dépouille entièrement qu'à une certaine distance du corps embrâsé, parce que chaque globule de lumière étant plus dense que les atomes du calorique qui l'environnent, exerce sur eux une attraction et devient momentanément le centre d'une petite atmosphéroïde. Il n'est donc pas étonnant que lorsque le corps chaud placé au foyer de l'un des miroirs est en même temps un corps lumineux, la communication du calorique ne soit interceptée qu'imparfaitement par l'interposition d'un corps que la lumière peut traverser.

291. La vitesse avec laquelle les corps perdent la chaleur est toujours proportionnelle à la vitesse avec laquelle ils l'acquièrent.

Il résulte des recherches de M. Leslie que cette vitesse de déperdition, mal-à-propos désignée sous le nom de *pouvoir rayonnant*, se trouve dans les proportions suivantes:

Noir de lampe, 100 ; cire à cacheter, 95 ; verre-verd, 90 ; encre de la Chine, 88 ; glace, 85; minium, 80; talc, 80; plombagine, 75 ; plomb terne, 45 ; plomb luisant, 19 ; fer poli, 15 ; étain laminé, or, argent et cuivre, 12.

M. le comte de Rumfort a tiré des observations de M. Leslie et de ses propres expériences, des conséquences pratiques qu'il est utile de faire connaître.

Les vases destinés à conserver long-temps leur chaleur, tels que les réchauds de table, doivent être faits de métal très-poli, et tenus aussi brillans qu'il est possible.

Les tuyaux servant à échauffer les appartemens doivent être polis dans la partie qui passe par des pièces qui ne doivent pas être échauffées, et doivent être couverts de noir de lampe ou de plombagine, dans la partie qui traverse les appartemens à échauffer.

Les surfaces échauffées des foyers fermés et des poêles ne doivent point être de métal, mais de matière terreuse ou pierreuse.

Les ustensiles de cuisine doivent être noircis et peu polis aux endroits destinés à recevoir la chaleur; et il est dès lors contraire à l'économie de fourbir les casseroles et le devant des caffetières.

Ce que j'ai dit dans le premier volume sur la température des corps, la manière dont la chaleur se communique, la propriété plus ou moins conductrice des corps et leur capacité calorique plus ou moins grande, suffit pour expliquer la cause des différences observées par MM. Leslie et de Rumfort.

De la chaleur produite par la percussion, la compression et le frottement.

292. Les métaux s'échauffent sous le marteau; ils s'échauffent encore lorsque le laminoir les comprime.

Les chimistes attribuent, avec raison, la cause de l'élévation de température dans ces deux cas, au calorique qui se dégage lorsqu'un corps est forcé d'occuper moins de

volume ; et ils ont dit encore, avec raison, que tous les corps possibles produiraient le même effet, si quelque cause que ce soit opérait cette diminution de volume assez rapidement pour que le calorique n'eût pas le temps de s'échapper d'une manière insensible.

Mais on s'est trompé en cherchant à expliquer par la même cause, le calorique produit par frottement.

Le sauvage fait un trou dans une branche sèche ; il met dans ce trou un autre morceau de bois sec qu'il fait tourner rapidement entre ses mains; le bois s'échauffe et la flamme se manifeste.

Je passe rapidement la main sur un morceau de drap, j'éprouve un sentiment très-vif de chaleur.

Le bois et le drap ne changent point de forme, et ce serait en vain qu'à l'aide d'une presse ou d'un marteau, je comprimerais le bois ou le drap, je n'en obtiendrais aucune chaleur sensible.

Le verre n'est point compressible, et cependant j'obtiens de la chaleur en frottant deux lames de verre l'une contre l'autre.

Dans ces différens cas, le calorique ne se dégage ni du corps frottant ni du corps frotté, mais de l'air intermédiaire qui adhère à ces corps, et qui seul éprouve la compression utile au dégagement du calorique.

Il est constant, en effet, que si le drap ou le bois sont mouillés ou huilés, le frottement ne produit plus de chaleur sensible, et je pense que cette différence n'a lieu que parce que, dans ce cas, le corps substitué à l'air échappe à la compression plus facilement que l'air, ou dissipe plus facilement, à cause de sa qualité plus conductrice, le calorique dégagé.

Cette théorie étant nouvelle a besoin d'être confirmée par l'expérience, et j'invite les physiciens à vouloir bien s'en occuper.

On pourrait, pour cet effet, placer à l'extrémité d'une tige cylindrique d'argent, une roue de bois à laquelle un ressort qu'on lâcherait sous un certain degré de tension imprimerait un mouvement de rotation constant et invariable; l'extrémité opposée de la tige immobile plongerait dans une petite cuvette pleine d'eau, où serait aussi plongée la boule d'un thermomètre. En répétant cette expérience alternativement dans l'air ordinaire et dans l'air plus ou moins raréfié, sous le récipient d'une machine pneumatique, il serait facile de s'assurer si c'est l'air qui, comme je le présume, est, dans ce cas, la cause du degré de chaleur que la rotation imprime à l'axe.

Des pyrophores et des corps fulminans.

293. Tous les corps, si on en excepte l'azote que je considère comme un oxigène imparfait, sont combustibles, lorsque leur température est suffisamment élevée.

Il existe des corps simples ou mixtes qui peuvent se combiner avec l'oxigène à toutes les températures; mais on ne leur donne le nom de pyrophoriques ou celui de fulminans, que lorsque leur combinaison avec l'oxigène est accompagnée d'un dégagement sensible de calorique et de lumière.

Ce dégagement a toujours lieu dans les combinaisons des corps avec l'oxigène; mais il n'est sensible que lorsqu'il suit une progression croissante.

Si, dans la combinaison de la première molécule du combustible, il se dégage assez de calorique pour élever à l'état gazeux deux ou trois molécules voisines de la première, la progression sera croissante; car les molécules gazeuses formant avec l'oxigène un gaz mélangé, lui présentent un plus grand nombre de faces, et sont dès lors incomparablement plus combinables dans cet état que dans l'état solide ou liquide, d'où il doit résulter que si la combinaison d'une molécule occasionne la gazéification et la combustion de trois molécules, cette seconde combustion occasionnera celle de neuf molécules qui en volatiliseront vingt-sept, et ainsi de suite en suivant une progression géométrique qui, si elle s'arrête à un certain terme, produira une flamme soutenue, et qui, si elle s'accroît indéfiniment et très-rapidement, produira une fulmination.

Certains métaux, tels que le fer, le manganèse et autres, se combinent avec l'oxigène à la plus basse température; mais le calorique qui se dégage, dans ce cas, n'est pas assez abondant pour volatiliser les molécules combinées, et à plus forte raison, les molécules voisines. Cette espèce de combustion, à laquelle on a donné le nom de combustion lente, suit une progression décroissante, parce que les molécules brûlées, et qui ne sont pas déplacées, se multiplient et empêchent que les autres molécules du combustible ne soient en contact avec l'oxigène. Le fer serait promptement consumé par l'air et par l'eau, si la rouille se détachait à mesure qu'elle se forme; et l'expérience a prouvé que le meilleur de tous les vernis imaginés pour la conservation du fer, était un vernis de rouille.

Il existe un très-grand nombre de compositions, les unes simplement pyrophoriques et les autres fulminantes. Les chimistes ont observé que dans tous ces corps, et particulièrement dans les fulminans, le calorique se trouvait dans un état accidentel de compression, résultant de ce qu'il ne s'en était pas dégagé une quantité suffisante à l'époque où ces corps avaient passé de l'état gazeux à l'état liquide, ou de l'état liquide à l'état solide.

Le bruit que produisent ces corps est dû à l'expansion des vapeurs qui résultent de leur combustion. Ces vapeurs qui occupent un très-grand espace, n'ont qu'une existence momentanée à cause de la communication rapide du calorique qui avait déterminé leur volume; l'air se précipite alors à travers un milieu faiblement résistant; ses atmosphéroïdes s'entrechoquent, se compriment et leur réaction devient sensible à une très-grande distance. Ce n'est pas au gaz qui sort d'un canon, c'est à l'air qui y rentre, que doit être attribué le son de ce terrible instrument.

De la combustion complète, ou de l'économie des combustibles.

294. Les combustibles sont utiles à l'homme; ils lui sont indispensables dans quelques climats; et comme les seuls combustibles dont il puisse faire usage, ne se forment qu'avec lenteur, la génération présente n'a pas le droit de dévorer par anticipation un bien que la nature destinait aux générations futures.

Je vais parler d'économie, non de cette économie qui résulte des privations que l'on s'impose, mais de celle qui

consiste à jouir, sans abus, d'une propriété dont on n'a que l'usufruit.

L'homme n'a droit aux combustibles de la terre que jusqu'à concurrence de ses besoins ; il n'a pas celui de les détruire et de les consumer sans en tirer aucun profit.

Pour que les combustibles ordinaires puissent brûler, il faut qu'ils soient à l'état de gaz, que leur température soit suffisamment élevée, et qu'ils soient en contact avec l'air atmosphérique.

En voyant de loin la flamme d'une bougie, nous croyons que la cire brûle et qu'elle produit une flamme blanche ; nous nous trompons : la cire ne brûle point, et la flamme que nous voyons n'est blanche qu'en partie.

Si nous considérons de plus près le phénomène, nous remarquons une soucoupe de cire solide qui contient la cire liquide dans laquelle est plongée une mèche, c'est-à-dire un faisceau de tubes capillaires. A une hauteur de deux lignes ou environ, commence la flamme qui est bleuâtre à sa naissance, et qui devient blanche à mesure qu'elle s'élève ; mais elle n'est blanche qu'à l'extérieur, et l'on distingue, dans sa profondeur, un nuage noirâtre qui environne la mèche, s'élève au-dessus d'elle et se termine en cône ; la flamme se moule sur le nuage ; mais à mesure qu'elle approche de la pointe du cône, elle diminue de blancheur ; la couleur du nuage devient prédominante ; il s'échappe, diverge et devient visible sous la forme de fumée.

La fumée est peu sensible dans une chandelle de cire ; mais elle l'est davantage dans une chandelle de suif, et davantage encore dans une chandelle de résine.

Il a fallu bien des siècles de civilisation avant que

l'homme imaginât l'appareil ingénieux des chandelles et des lampes; et il y a encore aujourd'hui des peuples qui ne s'éclairent qu'en brûlant des branches ou des copeaux de bois.

Le bois, la houille et la tourbe ne brûlent qu'en produisant de la fumée; et comme toute fumée n'est composée, en grande partie, que d'une huile gazeuse qui, si elle eût été brûlée, eût produit de la lumière et de la chaleur, la fumée est une perte réelle.

Avant les découvertes de la chimie moderne, on ignorait la cause pour laquelle cette perte avait lieu.

Une bougie allumée brûle jusqu'à la fin, parce que la flamme est à-la-fois la cause et l'effet de la flamme.

Elle liquéfie la cire, parce qu'elle en est assez voisine pour que le calorique qui s'en dégage puisse opérer sur la cire ce premier changement d'état; mais la flamme étant beaucoup plus voisine de la cire liquide renfermée dans les tubes capillaires de la mèche, le calorique plus abondant qui lui est alors communiqué, doit la convertir en cire gazeuse, et lui donner, dans ce dernier état, le degré de température nécessaire pour que la combinaison s'opère entr'elle et l'oxigène; et comme la cire, ainsi que toutes les substances qui produisent de la flamme, ne sont, à peu de chose près, que de l'hydrogène solide ou liquide, il résulte de cette combinaison une quantité d'eau très-considérable que l'on recueille facilement en refroidissant la fumée.

Tant que la mèche, qui elle-même est un corps combustible, est imbibée d'huile, elle ne brûle point, parce qu'il existe entr'elle et la flamme un gaz qui empêche que les parties solides de la mèche ne s'approchent assez près de

l'oxigène pour se combiner avec lui ; mais lorsque la liquéfaction graduelle de la bougie, en diminuant sa longueur, a produit l'alongement apparent de la mèche, la cire fondue est volatilisée par le calorique avant d'être parvenue au sommet de la mèche, dont l'extrémité desséchée n'est plus alors qu'un combustible ordinaire ; son carbone et une portion de celui de la cire qui est resté dans les tubes capillaires, se combinent avec l'oxigène, et il en résulte de l'acide carbonique qui se dégage et un résidu cendreux qui forme le lumignon.

Le gaz qui s'exhale de la partie inférieure de la mèche ne produit qu'une flamme bleuâtre, parce que sa température n'est pas suffisante pour favoriser sa combinaison rapide avec l'oxigène. A mesure qu'il s'élève, sa température augmente, la combustion s'achève, et la lumière se dégage complettement ; mais le gaz qui parvient à la pointe de la flamme, quoiqu'il ait alors une température suffisante, échappe à la combustion, parce que l'air avec lequel il se mêle ne contient plus une suffisante quantité d'oxigène. Cet air étant composé en presque totalité de l'azote résidu de la combustion et de deux autres principes produits par la combustion, savoir, l'eau et l'acide carbonique, le gaz combustible traverse ce mélange sans pouvoir brûler ; et lorsqu'après s'être élevé à une plus grande hauteur, il retrouve l'oxigène, il n'a plus la température nécessaire à la combustion.

La fumée produite par les combustibles était considérée comme un inconvénient inévitable, lorsqu'en 1784, Argand imagina un appareil propre à perfectionner la combustion des huiles. Cet appareil qui forme la base des lampes à courans d'air, consiste dans une mèche

circulaire emprisonnée entre deux tubes cylindriques qui servent de réservoir à l'huile. La flamme qui en résulte forme un anneau, et la vapeur huileuse qui circule dans l'intérieur de cet anneau, se trouvant de tous côtés en contact avec l'air, brûle complettement et sans fumée.

La lampe d'Argand n'était qu'une machine propre à augmenter la richesse d'un cabinet de physique, et si, par la suite, elle est devenue un meuble usuel, elle ne doit cet avantage qu'au tube de verre qui emprisonne la flamme. Ce tube accélère le courant d'air intérieur, et provoque un courant d'air extérieur qui, au moyen d'une courbure ingénieuse pratiquée sur le tube, est lancé vers la flamme et devient égal en force au courant intérieur. La flamme qui, avant l'addition de cette cheminée, ne s'élevait qu'à deux ou trois lignes, s'allonge alors, s'amincit et devient un cylindre de deux pouces de hauteur, qui présente, dans toute l'étendue de sa surface, une blancheur égale.

Cette addition de la cheminée de verre, dont le mérite égale au moins celui de l'invention principale, a été imaginée et exécutée par M. l'Ange, à Paris, à l'époque où Argand, qui était alors à Londres, avait imaginé lui-même de suspendre un cylindre de verre sur la flamme de sa lampe. Argand convenait que l'idée de couder la cheminée de verre appartenait à M. l'Ange; mais il lui contestait l'idée primitive de la cheminée. L'académie des sciences jugea le procès en faveur de M. l'Ange; et le gouvernement, qui avait d'abord penché en faveur d'Argand, reconnut ensuite le droit égal des deux inventeurs à une découverte justement célèbre, et qui, probablement, n'aurait pas eu lieu, si les chimistes français n'avaient pas

la fumée ; manière plus simple, et d'un emploi plus général que la précédente. Elle consistait à diriger un courant d'air sur le sommet de la flamme, et à la forcer ainsi de s'incliner dans la direction du courant.

Dans cette lutte, entre les gaz qui tendent à s'échapper du sommet de la flamme et le courant d'air qui tend à changer leur direction naturelle, le mélange de deux principes devait s'opérer et le gaz combustible être complettement brûlé.

J'ai obtenu d'abord ces effets dans une cheminée ordinaire, à l'aide d'une seconde plaque placée à quelques pouces en avant de la plaque du fond, et suspendue à quatre ou cinq pouces au-dessus de l'âtre. Cette cheminée était fermée par une planche de plâtre ; le combustible étant placé en avant de la seconde plaque, la flamme coulait horisontalement, et les vapeurs étaient conduites dans le tuyau de la cheminée à l'aide d'un tuyau de poêle de trois ou quatre pieds, dont l'aspiration déterminait le courant d'air destiné à renverser la flamme.

L'expérience des *cheminées fumivores* fut faite dans un des bureaux de la préfecture de police. On avait, pour cet effet, recrépi et blanchi l'intérieur du tuyau de la cheminée ; elle resta allumée pendant tout l'hiver ; on la démolit ensuite, et l'on vit que l'intérieur du tuyau n'était pas même *noirci*.

Dans ces sortes de cheminées, il y a beaucoup de chaleur produite, et en même-temps beaucoup de chaleur perdue ; mais, en adaptant le même appareil au fourneau d'un poêle, je pouvais utiliser la totalité de la chaleur résultante de la combustion de la fumée, dont

la somme équivaut à un cinquième ou environ de la chaleur produite par le surplus du combustible.

Je construisis donc des *poêles fumivores*, poêles dans les tuyaux desquels on ne trouve pas un atome de suie lorsqu'on a la précaution de les allumer par le fond, mais qui en produisent autant que les autres, lorsqu'on les allume à la manière ordinaire.

La raison de cette singularité est aisée à concevoir.

Lorsqu'une fois la chaleur dominante existe au fond du fourneau, toutes les fumées se convertissent en flamme en descendant sous la voûte; cette voûte se trouvant dès lors la partie la plus échauffée du fourneau, l'effet continue tant que le feu est entretenu, et s'il était entretenu pendant six mois, le poêle serait fumivore pendant six mois.

Mais si, au contraire, en allumant ce poêle à la manière ordinaire, on fixe auprès de la porte du fourneau le siége de la combustion la plus vive, l'effet que l'on a produit subsiste pendant toute la durée de la combustion; et si la combustion commencée de cette manière, était entretenue pendant six mois, le poêle fumerait pendant six mois.

Pour lui rendre, dans ce cas, sa propriété fumivore, on est obligé d'attendre que le combustible soit en braise, d'ouvrir la grande porte, de pousser la braise dans le fond, et de laisser refroidir le devant du fourneau avant de mettre une nouvelle charge.

J'ai fait un très-grand nombre d'applications de ces deux moyens d'opérer la combustion complette des combustibles solides, quelle que soit leur nature, et je me

suis convaincu qu'il n'existait pas une usine à feu à laquelle l'un ou l'autre de ces moyens ne fut applicable.

De tous les appareils que j'ai construits, il n'en est qu'un seul dont je regrette de ne pas voir multiplier promptement l'usage : c'est l'espèce de *cylindre à bains*, connu sous le nom de *boîte à feu*.

296. La boîte à feu (*voyez la figure*) chauffe beaucoup plus promptement un bain, dépense moins de charbon, n'exige, dans son usage, aucune précaution extraordinaire, ne coûte pas plus cher qu'un autre cylindre, et ne peut produire aucun des accidens que les cylindres produisent.

La fumée de charbon de bois n'est pas visible, mais elle n'en est que plus dangereuse. Lorsque j'inventai la boîte à feu, on croyait généralement que l'asphyxie était due à l'acide carbonique. Je fus le premier qui émit l'opinion que la mort des asphyxiés ne devait pas être attribuée à la désoxidation de l'air, mais à un véritable empoisonnement produit par l'hydrogène carboné qui échappait à la combustion ordinaire, et qui, dans mes appareils, brûlait complétement et se convertissait en eau et en acide carbonique.

L'expérience que je fis en présence des commissaires de la Société de l'École royale de Médecine, prouva en effet qu'une quantité de charbon, brûlée dans un cylindre ordinaire, produisait autant d'acide carbonique, que lorsqu'elle était brûlée dans la boîte à feu; mais que, dans le premier cas, l'air de la pièce était empoisonné, tandis que, dans le second, il ne produisait sur les organes aucun effet sensible.

297. On trouvera également parmi les figures gravées à la fin de ce volume, celles de deux appareils dont je n'ai pas tenté de répandre l'usage en France, parce qu'ils n'y seraient que d'une médiocre utilité; mais qui deviendront pour les peuples du nord un véritable bienfait. Je me trouve heureux, à cet égard, de pouvoir en économisant les combustibles des régions hyperborées, acquitter envers les Souverains de ces régions, ma part de la reconnaissance publique.

Les poêles des peuples du nord font une partie essentielle de la construction de leur habitation. La nécessité leur a appris l'art de faire circuler les produits de la combustion, et de multiplier les surfaces à travers lesquelles le calorique s'échappe. Ils sont nos maîtres à cet égard; car pour échauffer une maison entière, il leur suffit d'un seul poêle, dont le fourneau est très-grand à la vérité, mais qu'ils ne chargent que deux fois dans vingt-quatre heures, pendant les froids les plus rigoureux. Je ne leur propose ni de changer la distribution intérieure de leurs poêles, ni même d'en reconstruire le fourneau d'après ma méthode. Le seul changement qu'ils auront à y faire, sera de fermer, à demeure, l'évent ordinaire de la porte du fourneau, et d'y substituer un évent de même grandeur, mais placé aux trois quarts de la hauteur de cette porte. Ils introduiront ensuite, dans leur fourneau, une boîte de fonte portative dont j'indiquerai la forme et les proportions, et qu'ils scelleront avec un peu de terre à four. Quelle que soit alors la nature du combustible qu'ils emploieront, cette partie de leur dépense se trouvera diminuée d'un cinquième, et ils

seront dispensés, pour toujours, des inconvéniens du ramonage.

La boîte de fonte dont je propose l'emploi, ne convient qu'aux fourneaux qui n'ont pas beaucoup plus de largeur que la porte d'entrée; mais comme dans une grande partie des poêles du nord, et sur-tout dans ceux de Russie, il y a des fourneaux beaucoup plus larges que la porte d'entrée, et qu'on est dans l'usage d'y mettre tout-à-la-fois, le bois qu'ils peuvent contenir, on rendra ces poêles fumivores, en introduisant au fond du fourneau une plaque de fonte que l'on suspendra verticalement à quatre pouces de hauteur, en laissant une distance de trois pouces entre cette plaque et le fond du fourneau. Il faudra qu'elle soit bien scellée en-dessus et des deux côtés, de manière à ce que la fumée ne puisse passer que par-dessous. On sera obligé de diminuer de quatre ou cinq pouces la longueur ordinaire du bois qui ne devra jamais passer sous la plaque, et l'évent de la porte sera toujours placé aux trois quarts de sa hauteur.

Le second appareil, indépendant de celui dont je viens de parler, et auquel je donne le nom de *condensateur*, procurera aux peuples du nord une nouvelle économie qui, peut-être, surpassera la première.

Quelque nombreuses que soient les sinuosités que les vapeurs dégagées de la combustion ont à parcourir dans leurs poëles, la chaleur se communique de proche en proche; et lorsque le poêle est intérieurement échauffé, une grande partie du calorique sort par la cheminée (1).

(1) Lorsque le bois est réduit tout-à-fait en braise, les

C'est cette chaleur perdue que j'ai trouvé le moyen de rappeler dans les appartemens, à l'aide d'un appareil peu dispendieux qui est resté en expérience, pendant dix-huit mois, dans le bureau consultatif du ministère de l'intérieur, et pour lequel particulièrement j'ai obtenu à l'exposition de 1810 le seul prix nouveau qui ait été accordé à ce genre d'industrie.

Voici la manière convenable d'adopter ce moyen économique aux poêles des peuples septentrionaux.

On construira, en dehors de la maison, une cheminée en maçonnerie, contigue au mur, et qui s'élèvera depuis le rez-de-chaussée jusqu'au niveau du toît; la nouvelle cheminée, à l'aide d'un coude incliné, communiquera à l'ancienne qui sera hermétiquement fermée par en haut.

Il est convenable de donner à l'intérieur de la cheminée additionnelle huit pouces en carré.

Sur le côté et au niveau du pavé, on laissera une ouverture de même diamètre.

Du côté opposé et en face de cette ouverture, on scellera un tuyau de fonte ou de plomb ou de tôle soudée et vernissée qui formera un coude dans l'intérieur de la cheminée, et qui, sans en toucher les parois, montera jusqu'au niveau du plus élevé des appartemens dans

---

peuples du nord bouchent leurs cheminées; mais ils ne peuvent le faire sans danger qu'après que la flamme bleuâtre qui s'élève de la braise est tout-à-fait éteinte; le calorique perdu depuis l'allumage jusqu'à cette époque sera économisée par le condensateur.

l'intérieur duquel il pénétrera à l'aide d'un nouveau coude; cette seconde ouverture du tuyau sera scellée au niveau du mur dans l'intérieur de l'appartement.

L'on aura alors une bouche de chaleur, dont le produit sera d'autant plus grand que le froid extérieur sera plus vif.

L'air glacé qui montera dans l'intérieur du tuyau refroidira et condensera la vapeur résultante de la combustion. L'eau dont cette vapeur est composée en majeure partie, se régénérera et coulera le long des parois extérieures du tuyau destiné à former la bouche de chaleur.

Le calorique que cette eau dégagera en se régénérant, pénétrera dans l'intérieur du tuyau et déterminera l'ascension de l'air.

La bouche de chaleur par laquelle le courant d'air ascendant aura son issue, chauffera l'appartement en même temps qu'il en renouvellera l'air, et rendra cette pièce la plus salubre de toutes les pièces de la maison.

Si les poêles sont petits, on pourra faire le tuyau de cheminée en poterie de cinq à six pouces de diamètre, et mettre dans l'intérieur un tuyau de fer-blanc soudé, de deux pouces de diamètre, qu'il faudra nécessairement faire peindre à l'huile, sans quoi il serait promptement percé par la rouille.

Des tremblemens de terre et des volcans.

298. Il existe dans les profondeurs de la terre d'immenses fournaises, dont les feux allumés par une cause inconnue, dorment silencieusement pendant un grand nombre d'années, se réveillent tout-à-coup et produisent d'horribles ravages.

La mer soulevée du fond de son lit et lancée dans les

terres, des villes renversées, des montagnes fendues, écroulées ou transportées, des provinces entières englouties, de vastes contrées arrachées des continens, des rivières qui changent de cours, des îles qui sortent tout-à-coup du fond des mers, des lacs qui disparaissent, d'autres qui succèdent aux montagnes, tels sont les phénomènes que les tremblemens de terre ont produits : phénomènes dont la tradition a conservé la mémoire, et dont les naturalistes et les voyageurs retrouvent journellement les traces.

Des vapeurs sulfureuses, un air rouge et enflammé, des nuages épais, un temps lourd et accablant sont ordinairement les avant-coureurs de la catastrophe ; mais quelquefois aussi elle arrive inopinément et par un temps serein.

On entend souvent alors des bruits semblables ou à ceux d'un tonnerre souterrain, ou à ceux d'une forte décharge d'artillerie ; d'autres fois on entend des déchiremens et des sifflemens violens.

Les tremblemens de terre sont presque toujours accompagnés d'agitations convulsives dans les eaux de la mer. Les vaisseaux s'entrechoquent dans les ports, et ceux qui se trouvent en pleine mer, éprouvent des mouvemens extraordinaires.

Les secousses des tremblemens de terre se succèdent tantôt à de très-grandes distances les unes des autres, et tantôt très-rapidement.

Le mouvement qu'elles impriment à la terre est tantôt une espèce d'ondulation semblable à celle des vagues, tantôt un balancement semblable au roulis d'un vaisseau et qui produit le même effet sur les tempéramens déli-

cats, c'est-à-dire, les nausées et les défaillances que fait éprouver le mal de mer.

Les secousses suivent ordinairement une direction marquée.

Ce phénomène ne dure quelquefois que pendant quelques minutes; quelquefois il se prolonge pendant plusieurs jours et à diverses reprises. On a vu, en Amérique, des tremblemens de terre durer pendant plus d'une année et faire sentir chaque jour plusieurs secousses violentes.

Les effets qu'ils produisent sont aussi variés que terribles : tantôt la mer se retirera de plusieurs lieues et laissera les vaisseaux à sec pour revenir les soulever et les lancer dans l'intérieur des terres; quelquefois des terreins considérables couleront comme de l'eau, et iront remplir des lacs. Souvent on a vu la terre s'entr'ouvrir et vomir des flammes, des pierres calcinées et des eaux sulfureuses d'une odeur insupportable. Ces ouvertures se referment quelquefois à l'instant même; d'autres fois, elles sont permanentes.

Mais le plus étonnant de tous les phénomènes accessoires des tremblemens de terre, c'est leur propagation presque instantanée à des distances énormes, pendant que les lieux intermédiaires n'en éprouvent aucun effet.

Les historiens ont décrit quelques-unes des tragiques révolutions produites par les convulsions du globe.

Pline nous apprend que, sous le consulat de Lucius Marcius et de Sextus Julius, deux montagnes du territoire de Modène furent précipitées l'une contre l'autre, et écrasèrent les édifices qui se trouvaient entr'elles.

Sous l'empire de Tibère, treize villes considérables

de l'Asie furent renversées, et un peuple innombrable fut enseveli sous leurs ruines.

Antioche éprouva le même sort en l'an 115 : le consul Pedon y périt, et l'empereur Trajan, qui s'y trouvait alors, ne se sauva qu'à peine.

En 742, un tremblement de terre renversa, en une seule nuit, près de six cents villes en Egypte et dans tout l'Orient.

Paul Jove, évêque de Come a décrit les particularités d'un tremblement de terre qui bouleversa le Portugal en 1532, et dont la ville de Lisbonne fut le principal foyer.

Ce tremblement avait été le précurseur de celui qui détruisit presqu'entièrement cette malheureuse ville, le 1.er novembre 1755, et qui se fit ressentir jusqu'aux extrémités de l'Europe. Les eaux de la mer furent lancées avec violence sur les côtes occidentales de l'Océan. Les eaux du Tage, du Guadalquivir, du Douro, de la Garonne et du Wesel furent soulevées et débordèrent ; les villes de Fez et de Mequinez, au royaume de Maroc, éprouvèrent un renversement presque total ; les îles Açores furent endommagées, et des vaisseaux qui revenaient des Indes occidentales, éprouvèrent des agitations extraordinaires. La secousse fut ressentie à Carthagène, à Valence et dans d'autres villes voisines de la Méditerannée. Elle fut ressentie à Coimbre, Bilbao, Baïonne, Angoulême, dans quelques villes de la Hollande et jusqu'à Hambourg.

Un mois s'était à peine écoulé depuis ce grand tremblement, qu'il en survint un second presqu'aussi violent : l'Europe fut ébranlée de nouveau, et ce fut dans un temps voisin de cette seconde époque, que la

ville de Quito dans le Pérou fut entièrement renversée.

Quelques pays paraissent exempts de ce fléau ; dans d'autres pays, au contraire, les tremblemens de terre sont un phénomène habituel ; il se passe rarement une année sans que l'on en éprouve quelques-uns au Pérou et à la Jamaïque.

La Calabre paraît être suspendue sur des gouffres enflammés et ne devoir sa conservation qu'aux trois soupiraux de l'Etna, du Vésuve et du Strongoli, cône isolé, situé au milieu de la mer, à une distance à-peu-près égale du Vésuve et de l'Etna.

L'ancien et le nouveau continent contiennent un grand nombre de volcans, dont quelques-uns sont encore brûlans, d'autres seulement fumans, et dont d'autres enfin, terribles autrefois, sont entièrement éteints.

Il existe très-peu de volcans allumés dans l'intérieur des continens ; tous ceux que l'on connaît sont voisins des côtes ou situés dans des îles. On ne trouve de volcans en Afrique qu'au royaume de Fez et dans l'île de Fuego, l'une des Açores.

Il y en a un grand nombre dans l'Amérique septentrionale : les plus connus sont ceux d'Anéon, d'Atilan, de Cataculo, de Colima, de Guatimala, de Léon, de Nigaragua et de Sonsonate.

Dans l'Amérique méridionale, les plus célèbres sont ceux d'Aéquipa, de Mula-Hullo et de Carappa.

On en trouve un très-grand nombre dans les îles de l'Asie ; celles du Japon en contiennent cinq ; il y en a à Java, à Banda, à Sumatra, à Ternate, à Manille, etc.

Dampier en a vu plusieurs sur les côtes de l'océan indien.

L'on en connaît quatre dans les parties septentrionales de la Tartarie, et trois au Kamstchatka.

Il y a des volcans sur les côtes du Groënland.

On en compte quatre en Europe, savoir : au midi, l'Etna et le Vésuve, et au nord, l'Hécla en Islande, et le volcan de l'île de Jean Mayen qui, quoique le moins connu, n'est pas le moins formidable.

Cette petite île, située au 75.e degré de latitude boréale, renferme une montagne volcanique que l'on aperçoit de trente lieues en mer, et qui, dans une de ses éruptions, a couvert de cendres, ou pour mieux dire, de matières graveleuses, pulvérulentes et calcinées, le pont d'un vaisseau qui en était éloigné de quinze lieues. (*Hist. générale des voyages.*)

297. Toutes les montagnes volcaniques ont la même forme et sont composées de matières semblables.

Un tremblement de terre ouvre un gouffre, et si ce gouffre ne se ferme point, il devient le soupirail d'un volcan.

A mesure que les éruptions se multiplient, les matières lancées retombent autour du trou et dans le trou lui-même. Une nouvelle éruption se fait jour à travers les matières accumulées, et la montagne volcanique s'élève perpendiculairement jusqu'à l'époque où la masse à soulever, devenue trop considérable, force le volcan à s'ouvrir une nouvelle issue. Le Vésuve et l'Hécla ont été remplacés par de nouveaux volcans formés dans leur voisinage; et l'Etna est entouré de montagnes ou de collines formées par autant d'éruptions. La plus considérable de

ces productions de l'Etna, qui a mille pieds de hauteur et huit mille pieds de circonférence, a été le produit d'une seule éruption.

Les montagnes volcaniques sont terminées à leur sommet par un cratère ou cône rentrant, semblable à un fourneau de pipe; et dans la partie la plus profonde du cratère, il se trouve assez ordinairement une monticule provenant du boursouflement des matières intérieures et de la chute des matières soulevées.

L'espèce de bourrelet qui environne le cratère, est toujours échancré dans la partie où s'est fait le dernier versement des laves, parce que les parois ont rarement la force suffisante pour supporter le poids de ces masses pierreuses et métalliques.

En généralisant ainsi la forme des volcans, je me fonde sur l'opinion des plus célèbres minéralogistes, tels que MM. Duluc, de Saussure et Faujas de St.-Fond.

Ce dernier, dans son *Histoire des volcans éteints du Vivarais et du Vellay*, s'exprime à ce sujet dans les termes les plus affirmatifs :

« Toutes les fois, dit-il, que je verrai une montagne d'une forme régulièrement conique avec un cratère sur le sommet et un côté rompu, je jugerai qu'elle a été formée par une éruption volcanique, parce que sur l'Etna et le Vésuve, les montagnes formées par explosion sont toutes, sans exception, conformes à cette description ».

Ce savant remarque avec étonnement que les éruptions volcaniques et les secousses de la terre ont toujours lieu dans le voisinage de l'océan, et surtout dans les îles. La

plupart de celles de la Méditerranée lui paraissent l'ouvrage des volcans ou des tremblemens de terre.

Le célèbre Cook a divisé les îles nombreuses qu'il a découvertes ou visitées dans la vaste mer du sud, en îles basses et îles hautes.

Toutes les îles basses lui paraissent avoir été produites par des animaux ressemblans aux polypes qui forment les lytophites. Ces animalcules élèvent, selon lui, leur habitation sur une base imperceptible (2) qui s'étend de plus en plus, à mesure que la structure s'élève davantage. J'ai vu, dit-il, de ces larges structures à tous les degrés de leur construction et de différentes étendues; il en résulte plusieurs îles basses qui sont réunies et renferment au milieu d'elles une lagune remplie d'excellens poissons.

» Quant aux îles plus hautes, continue-t-il, je dois avouer qu'on en trouve à peine une seule qui, de manière ou d'autre, n'offre pas des vestiges frappans d'une altération violente produite à sa surface par le feu ou plutôt par un volcan.

» On sait que beaucoup d'îles sont sorties de la mer

---

(2) Quelque respectable que soit le témoignage de Cook, j'ai de la peine à croire qu'un rocher de corail, qui s'élève du fond de la mer jusqu'au dessus de sa surface, puisse résister au choc des vagues, si sa base est semblable à la pointe d'un cône ou à l'arrête d'un prisme. L'observation de Cook prouve seulement que les sommets sont plus larges que les bases; mais ces bases que Cook n'a pas pu voir font corps avec les rochers et ont dès lors une solidité suffisante.

par l'action d'un feu souterrain, comme le prouvent celle de Santorini, les deux Kamenis, dans l'Archipel de la Grèce, et l'île formée en 1720 dans les îles de l'Ouest, qui semblent être des espèces de volcans qui ont paru tout-à-coup (1) au milieu des vagues. Nous avons abordé sur ces îles, qui ont encore de ces fournaises; d'autres avaient seulement une élévation et des marques qui annonçaient un ancien volcan. Enfin, nous en avons trouvé qui n'offraient point de vestiges de volcan, mais bien d'une altération violente et d'une subversion produite où par un tremblement de terre, ou par un feu souterrain. *Tofooa*, *Ambrym* et *Pico* sont de la première classe; *Maatea*, *O-Taïti*, *Huaheine*, *Ulietea-o-Taha*, *Bolabola*, *Mowrua*, *Waitahu* ou *Sainte-Christine*, et le reste des *Marquises*, plusieurs des *Nouvelles Hébrides* et *Fayal* appartiennent à la seconde; l'*île de Pâques*, *Sainte-Hélène* et l'*Ascension* appartiennent à la dernière.

» Je n'en conclurai pas que toutes ces îles ont été originairement produites par des tremblemens de terre et des volcans; mais je puis le dire de plusieurs, à en juger par leur aspect extérieur, et je suis sûr que les autres existaient au-dessus de l'eau avant d'avoir des volcans, et qu'elles ont été changées et bouleversées en partie par un feu souterrain ».

---

(1) Au mois de mai 1814 il s'est ouvert un volcan dans la mer d'Asow à deux cents toises du rivage, et l'éruption a produit une île.

Cook a trouvé dans l'île de *Norfolk* des morceaux d'une lave spongieuse, rouge et jaune. Il a trouvé dans la *Nouvelle Zélande* des pierres ponces et de gros morceaux détachés d'une lave solide, pesante, tachétée de gris ou d'un verd noirâtre, dont les naturels fabriquent leurs armes.

300. Si on excepte quelques chaînes de montagnes primitives, telles que les Alpes et les Pyrénées, dont la masse a présenté à l'effort des feux souterrains un obstacle invincible, il est peu de régions où l'on ne retrouve quelque trace de l'action des volcans, soit à la surface, soit dans les profondeurs de la terre ; et la France présente dans ses montagnes de l'Auvergne, du Vivarais, du Vellay, le pays le plus riche en merveilles de ce genre.

Les volcans éteints qui couvrent ces trois provinces, sont pour les minéralogistes une véritable terre classique. Les plus curieux sont gravés dans l'Ouvrage de M. Faujas de St.-Fond, et l'on voit s'y reproduire à chaque pas, et sous les formes les plus pittoresques, ces amas réguliers de pilastres perpendiculaires ou inclinés résultans des cristallisations du bazalte, et qui forment ce qu'on appelle *chaussées* ou *pavés de géans*.

» Il n'existe, dit ce savant dans sa préface, page 6, qu'*une seule et même matière volcanique primordiale*, qui est la lave compacte et dure, le *bazalte*, désigné par Pline sous la dénomination de *bazaltes ferrei coloris et duritiei*, substance vomie par les feux souterrains, qui coule en longs ruisseaux et se prolonge majestueusement au loin, en conservant une épaisseur et une

largeur considérables, et en détruisant, pour l'ordinaire, tout ce qui se rencontre sur son passage. C'est la même matière qui a formé ces superbes chaussées prismatiques qui font l'admiration de ceux qui voyagent dans certaines parties de l'Italie, dans l'Irlande, l'Auvergne, le Vivarais, le Vellay, et dans d'autres contrées jadis embrâsées par les fourneaux de la nature. *C'est le bazalte qui donne naissance à toutes les autres matières volcaniques, qui n'en sont que des modifications.*»

« Ce serait, dit-il encore, une belle et curieuse question à traiter au sujet du bazalte, que celle qui tendrait à découvrir pourquoi, dans *tous les volcans éteints* d'Italie, d'Irlande, d'Auvergne, de Bohême, de Hongrie, des îles de l'Archipel et de l'océan indien, en un mot, *de l'équateur au deux pôles, le bazalte est toujours le même;* et pourquoi *les volcans brûlans de l'un et l'autre hémisphère produisent également un bazalte de même qualité* ».

Avant de m'occuper de la très-difficile question que M. Faujas propose, je crois devoir donner au Lecteur une idée de l'intéressant Ouvrage qu'il a publié sur nos volcans éteints, et des observations qui ont été faites, tant par lui que par d'autres naturalistes, sur les volcans actuellement brûlans; c'est-à-dire, sur le Vésuve et l'Etna, qui sont les seuls que les savans aient observés.

103. L'opinion que M. Faujas de St.-Fond a manifestée sur l'origine des matières volcaniques ou présumées volcaniques, telles que la pouzzolane, les zéolites et autres, me dispense d'entrer dans le détail de ces productions. Je vais donc fixer uniquement l'attention du Lecteur sur la matière primordiale.

Indépendamment du bazalte égyptien, *viridis orientalis*, M. Faujas en désigne plusieurs espèces, qui ne sont distinguées entr'elles que par la couleur, savoir : le noir foncé, le noir bleuâtre, le jaunâtre, le verdâtre, le gris-blanc, le tigré, le graveleux, etc.

Le bazalte, en se refroidissant, se cristallise, selon lui, ou en boules, ou en tables plus ou moins régulières, ou en prismes et, dans ce dernier état, on le trouve avec un nombre de faces variables. Il en existe dans les cabinets à 3, 4, 5, 6, 7 et 8 faces : on prétend même qu'il en existe à 9 faces.

Cette bisarrerie dans la conformation des cristaux du bazalte me paraît devoir être attribuée, tant à l'imperfection plus ou moins grande de la vitrification des matières, qu'au plus ou moins de lenteur du refroidissement, et surtout à la proportion relative des matières métalliques qui entrent dans la composition du bazalte, et qui s'y trouvent probablement à divers degrés d'oxidation.

Ces variétés n'ont pas un degré d'importance suffisant pour qu'on puisse établir des différences essentielles dans les bazaltes produits par les divers volcans ou en différens temps par le même volcan ; mais il n'est pas étonnant qu'elles déterminent au moment du refroidissement, une attraction plus ou moins énergique entre les diverses molécules ; car il suffit de la plus légère différence dans la puissance des attractions réciproques pour déterminer le nombre plus ou moins grand des faces du prisme, en arrêtant, ou plus tôt ou plus tard, la mobilité nécessaire pour que les molécules puissent prendre entr'elles la forme vers laquelle elles tendent : forme

qui doit être la forme triangulaire, puisqu'il existe en effet des prismes triangulaires.

Voici, au surplus, en peu de mots, l'énumération des richesses volcaniques que l'une de nos provinces renferme :

1.° Près de *Rochemaure*, un magnifique volcan éteint avec des restes de cratères et des bouches à feu ; le donjon est construit au sommet d'une pyramide de bazaltes prismatiques ;

2.° Le pavé des géans de *Chenavary*, superbe chaussée bazaltique ;

3.° Le volcan des *Maillas ;*

4.° Les rampes de *Montbrul;* banc de pierres calcaires couvert d'un poudingue (1) composé de diverses espèces de cailloux roulés ; au-dessus du banc de poudingue se trouve une grande masse de pouzzolane, et au-dessus de cette masse, des chaussées de bazalte prismatique ;

5.° Le cratère de *Montbrul ;* il a 80 toises de profondeur et 50 de diamètre ; au fond du cratère se trouvent des prismes de bazalte ;

6.° Le pavé bazaltique du pont de *Bredon ;*

7.° La chaussée bazaltique du pont de *Rigaudel ;* prismes en amphithéâtre ;

---

(1) On donne le nom de poudingue à un mélange de fragmens pierreux de différente nature qui, réunis par un gluten, se sont consolidés en une seule pierre dure et susceptible d'être polie.

8.° Le volcan de *la Coupe ;* pic conique, cratère en entonnoir, profond et conservé.

Cette montagne de *la Coupe* est très-remarquable en ce que la lave y est disposée de manière à prouver que la cristallisation du bazalte s'est opérée par simple refroidissement, et non pas, comme quelques naturalistes l'avaient présumé, par l'intermédiaire de l'eau. En descendant du cratère jusqu'au bas de la montagne, on marche sur la lave qui conduit directement sur un *pavé de géans*, et il n'existe aucune séparation entre la lave qui a descendu par ondulations et celle qui, en se refroidissant, a pris la forme prismatique ;

9.° La chaussée du pont de *la Baume ;* rudimens de prismes, colonnes d'un seul jet ;

10.° La coupe de *Jaujeac ;* cratère ; pavés de géans, bordant la rivière de *Vignon ;*

11.° Les bords de la rivière d'*Aulière ;* prismes très-élevés et disposés par grands faisceaux ;

12.° Le pont de *Gueule-d'Enfer ;* précipice épouvantable, qui fut le cratère d'un volcan ;

13.° Prés de *Ville-Neuve-de-Berg ;* un courant de lave qui a circulé pendant plus d'une lieue à travers des roches calcaires qu'elle a soulevées et séparées de manière que l'on voit alternativement un lit de lave et un lit de pierres calcaires ;

14.° Prés de *Polignac ;* un rocher composé entièrement de bazalte ;

15.° Enfin, *Roche rouge ;* autre rocher bazaltique, dont la lave s'est fait jour à travers des masses de granit,

dont elle est appropriée des lambeaux qui sont restés adhérens à ses faces extérieures.

Il y a lieu de croire que les volcans du Vivarais et du Vélai, ainsi que la presque totalité des volcans éteints dont les géologues ont reconnu les traces, y compris le mont Ararat observé par M. de Tournefort, sont antérieurs au déluge.

Les eaux les éteignirent, et la plupart des cavernes qui formaient la communication entre les bouches à feu et les profondes fournaises, durent être comblées par les débris que les eaux entraînèrent dans les abîmes.

A mesure que les eaux se retirèrent, quelques volcans purent s'ouvrir de nouvelles issues. Il y a lieu, par exemple, de présumer que celui de *la Coupe*, dont le cratère est le seul qui soit parfaitement conservé, fut aussi le seul des volcans d'Auvergne qui ralluma ses feux. Mais la retraite des eaux l'ayant laissé depuis plus de trente siècles au milieu des terres, il se sera éteint définitivement, parce qu'il n'aura plus été exposé à l'effet des infiltrations graduelles (1) que je considère comme la principale cause des éruptions périodiques.

302. L'Etna qui fut, ainsi que la Coupe, un volcan anti-diluvien, s'est rallumé comme lui; mais il ne s'éteindra que lorsque la Méditerranée sera totalement écoulée.

---

(1) Les volcans anti-diluviens étaient situés probablement à la proximité de quelques grands lacs que l'océan diluvien a comblés.

Le chanoine Recupero, qui avait entrepris de faire l'histoire de l'Etna, avait appris à M. Brydonne, savant anglais, qui a publié des *Lettres sur la Sicile*, que l'on avait percé sept laves superposées et qui étaient séparées les unes des autres par un lit épais d'un très-bon terrein.

Recupero calculait qu'il avait fallu au moins deux mille ans pour la formation de chacun de ces lits ; ce qui donnait à l'éruption qui avait produit la plus profonde de ces couches, quatorze mille ans d'ancienneté. « Cette découverte, disait-il à M. Brydonne, l'embarrassait, et il » n'osait pas la consigner dans l'*Histoire du Volcan*. » La chronologie de Moïse le chagrinait et rallentissait » son ardeur, d'autant que son évêque l'avait averti de » se tenir sur ses gardes, et de ne pas se montrer meilleur » naturaliste que Moïse ».

Les scrupules de Recupero et de son évêque ne provenaient que de ce qu'ils n'avaient pas lu avec assez d'attention le premier chapitre de la *Genèse*; car, puisque Moïse ne commence son récit que long-temps après la création de la terre, et dans le temps où elle était bouleversée, couverte de lacs isolés, présentant, en un mot, l'aspect d'un *abîme*, l'on pouvait supposer, sans blesser le texte, que la croûte du noyau terrestre était, depuis long-temps, déchirée par des volcans, au moment où Dieu dit à la terre de produire des plantes, et à la mer de produire des poissons et des oiseaux.

L'Etna n'a point eu d'éruption depuis 1766. Dans les dix siècles qui précédèrent cette dernière éruption, il en avait eu vingt-six ; et il y a lieu de croire que les éruptions antérieures n'ont point été observées avec soin,

car il n'est fait mention que de quatre éruptions antérieures à Jésus-Christ.

Le sommet de l'Etna est élevé de douze à treize mille pieds au-dessus du niveau de la mer (1).

Pour y arriver, on part de la région de l'été, on traverse celle du printemps, et enfin celle de l'hiver ; et ce n'est qu'après s'être élevé au-dessus des neiges que l'on arrive au terrible cratère, qui a une circonférence de trois milles et demi (2).

La Montagne a sa base à une circonférence de cent quatre-vingt milles.

Sur la grande montagne, il s'en trouve de plus petites qui ont été produites par autant d'éruptions. La plus considérable de ces montagnes secondaires, a sept à huit milles pieds de tour et mille pieds de hauteur.

Les laves vomies par l'Etna ont une longueur de quinze à vingt milles ; leur largeur est de six à sept milles, et leur épaisseur de cinquante à soixante pieds.

L'une de ces laves escalada les murs de la ville de Catane, qui ont soixante pieds de hauteur, et entra dans la ville.

---

(1) Le baromètre y marque 19 pouces 4 lignes. Les indications que donne le baromètre par son abaissement ne sont qu'approximatives. Le père Della Torre comptait dix toises pour chaque ligne d'abaissement du mercure, en ajoutant un pied pour la première ligne, deux pieds pour la seconde, trois pieds pour la troisième et ainsi de suite.

(2) Le mille d'Italie a 5000 pieds du Rhin, et le pied du Rhin est un peu plus petit que notre pied de roi.

Une autre combla un chemin creux qui avait cent pieds de large et deux cents pieds de profondeur.

Cette dernière s'est avancée dans la mer, où elle a formé une digue qui est devenue un abri pour les vaisseaux qui abordent à Catane.

Une église, un palais et un village qui étaient bâtis avec des pierres de lave, et qui se trouvèrent dans la direction d'un de ces fleuves de feu, furent entièrement fondus dans l'espace de quelques heures, et firent corps avec la lave.

Recupero assurait qu'un bloc lancé par le volcan, avait employé dans sa chute vingt-une secondes; ce qui supposait qu'il avait été lancé à une hauteur de sept mille pieds.

M. Faujas, témoin d'une éruption, n'avait évalué qu'à douze cents pieds la plus grande hauteur des pierres qu'il avait vu tomber.

Le plus gros des blocs lancés par l'Etna, a un diamètre de deux toises.

Un des effets les plus bisarres qui aient été produit par les laves, a été le déplacement d'une coline plantée en vignes, appartenant aux jésuites, qui a été entraînée toute entière, à une demi-lieue de distance, sans aucune avarie dans la plantation.

303. Le Vésuve, plus moderne que l'Etna et beaucoup moins colossal, a mérité, par de plus grands ravages, une plus grande célébrité.

La première de ses éruptions qui eut lieu sous le règne de Titus, l'an 79.e de l'ère chrétienne, engloutit notam-

ment les villes d'Herculanum et de Pompeïa, qui n'ont été retrouvées que dans le siècle dernier.

Pline *le jeune*, alors âgé de dix-huit ans, fut témoin de ce phénomène qui coûta la vie son oncle Pline, l'*ancien* ou le *naturaliste;* et il fit le récit de cet évènement dans deux lettres adressées au célèbre historien Tacite.

Je vais rapporter quelques fragmens de ces deux lettres, qui sont considérées, avec raison, comme un modèle de style descriptif.

Première lettre de Pline à Tacite. (Pline était avec son oncle à Misènes, où ils aperçurent un nuage extraordinaire).

» Il était difficile de discerner de loin de quelle montagne ce nuage sortait. L'événement a découvert depuis que c'était du mont Vésuve. Sa figure approchait de celle d'un arbre, et d'un pin plus que d'un autre; car après s'être élevé fort haut, il étendait une espèce de branchage..... Il paraissait tantôt blanc, tantôt noirâtre, et tantôt de diverses couleurs, selon qu'il était plus chargé de cendre ou de terre.

» Mon oncle fait venir des galères, monte lui-même dessus et part dans le dessein de voir quel secours on pouvait donner à Retine et aux autres bourgs de la côte.

» Déjà sur ses vaisseaux volait la cendre, plus épaisse et plus chaude, à mesure qu'ils approchaient; déjà tombaient autour d'eux des pierres calcinées et des cailloux tout noirs, tout brûlés, tout pulvérisés par la puissance du feu.

» Déjà la mer semblait refluer et le rivage devenir inaccessible par des morceaux entiers de montagne dont il était couvert.

» Il dit à son pilote qui lui conseillait de gagner la pleine mer : « la fortune favorise le courage ; tournez du côté de Pomponianus ».

(Pline trouve Pomponianus tremblant ; il l'embrasse, le rassure, l'encourage, prend le bain, soupe avec gaîté).

» Cependant on voyait luire de plusieurs endroits du Vésuve, de grandes flammes et des embrâsemens dont les ténèbres augmentaient l'éclat.

» Mon oncle dormit d'un profond sommeil ; mais la cour où était son appartement commençait à se remplir si fort de cendres que pour peu qu'il y eût resté plus long-temps, il ne lui aurait plus été libre d'en sortir.

» On l'éveille : il sort et va rejoindre Pomponianus et les autres qui avaient veillé. Ils tiennent conseil et délibèrent s'ils se renfermeront dans la maison ou s'ils tiendront la campagne ; car les maisons étaient tellement ébranlées par les fréquens tremblemens de terre, que l'on aurait dit qu'elles étaient arrachées de leurs fondemens et jetées tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, puis remises à leur place.

» Hors de la ville, la chute des pierres, quoique légères et desséchées par le feu, était à craindre : entre ces périls, on choisit la rase campagne.

» Ils sortent en se couvrant la tête d'oreillers attachés avec des mouchoirs....

» Le jour recommençait ailleurs, mais dans le lieu où ils étaient, continuait une nuit la plus sombre et la

plus affreuse de toutes les nuits, et qui n'était un peu dissipée que par la lueur d'un grand nombre de flambeaux.

» On trouva bon de s'approcher du rivage et d'examiner de près ce que la mer permettait de tenter; mais on la trouva encore fort grosse et fort agitée d'un vent contraire.

» Là, mon oncle ayant demandé de l'eau, et bu deux fois, se coucha sur un drap qu'il fit étendre; ensuite des flammes qui parurent plus grandes et une odeur de soufre qui annonçait leur approche, mirent tout le monde en fuite. Mon oncle se leva, appuyé sur deux valets, et dans le moment tomba mort. Je m'imagine qu'une fumée très-épaisse le suffoqua d'autant plus aisément qu'il avait la poitrine faible et souvent la respiration embarrassée.

» Lorsque l'on commença à revoir la lumière, ce qui n'arriva que trois jours après, on retrouva au même endroit son corps entier, couvert de la même robe qu'il portait quand il mourut, et dans la posture plutôt d'un homme qui repose que d'un homme qui est mort ».

Deuxième lettre. (Pline était alors à Misènes.)

» Pendant plusieurs jours un tremblement de terre s'était fait sentir, et nous avait d'autant moins étonnés que les bourgades et les villes de Campanie y sont fort sujettes.

» Il redoubla pendant cette nuit avec tant de violence qu'on eût dit que tout était non pas agité, mais renversé. Ma mère entra brusquement dans ma chambre et trouva que je me levais dans le dessein de l'éveiller, si elle eût été endormie...

» Il était déjà sept heures du matin, et il ne paraissait

encore qu'une lumière faible comme une espèce de crépuscule; alors les bâtimens furent ébranlés avec de si fortes secousses qu'il n'y eut plus de sûreté à demeurer....

» Nous prenons le parti de quitter la ville; le peuple épouvanté nous suit en foule, nous presse....

» Les voitures que nous avions amenées avec nous, étaient à tous momens si agitées, quoiqu'en pleine campagne, qu'on ne pouvait même, en les appuyant avec de grosses pierres, les arrêter en une place. La mer semblait *se renverser sur elle-même* et être comme chassée du rivage par l'ébranlement de la terre. Le rivage, en effet, était devenu *plus spacieux* et se trouvait rempli de différens *poissons demeurés à sec sur le sable*. A l'opposite, une nuée noire et horrible, crevée par des feux qui s'élançaient en serpentant, s'ouvrait et laissait échapper de longues fusées semblables à des éclairs, mais qui étaient beaucoup plus grandes....

» Presqu'aussitôt, la nue tombe à terre et couvre les mers; elle dérobait aux yeux l'île de Caprée, et faisait perdre de vue le promontoire de Misènes....

» La cendre commençait à tomber sur nous, quoiqu'en petite quantité; je tourne la tête et j'aperçois derrière nous une épaisse fumée qui nous suivait, en se répandant sur la terre comme un torrent....

» A peine nous étions-nous écartés, que les ténèbres augmentèrent de telle sorte, qu'on eut cru être non pas dans une de ces nuits noires et sans lune, mais dans une chambre où toutes les lumières auraient été éteintes.

» Il parut une lumière qui nous annonçait non le retour du jour, mais l'approche du feu qui nous menaçait; il s'arrête pourtant loin de nous. L'obscurité revient

et la pluie de cendres recommence plus forte et plus épaisse ; nous étions réduits à nous lever de temps en temps pour secouer nos habits, et sans cela, elle nous eut accablés et engloutis. Enfin cette épaisse et noire vapeur se dissipa peu-à-peu et se perdit tout-à-fait comme une fumée ou un nuage. Bientôt après parut le jour et le soleil même, jaunâtre pourtant et tel qu'il a coutume de luire dans une éclipse. Tout se montrait changé à nos yeux troublés encore, et nous ne trouvions rien qui ne fût caché sous des monceaux de cendres, comme sous de la neige, etc. »

On doit croire, d'après le récit de Pline le jeune, que l'éruption de l'an 79 a été la première des éruptions du Vésuve. Cependant Silius Italicus qui vivait du temps de Néron, avait parlé d'anciens ravages occasionnés par le Vésuve, tant sur mer que sur terre ; mais comme Strabon, en dépeignant cette montagne, s'était contenté de dire que le terrein de son sommet était stérile, couleur de cendre, et qu'on y voyait des cavernes où se trouvaient des pierres qui paraissaient avoir été brûlées et calcinées par le feu, il y a lieu de présumer que Silius Italicus, d'après ces apparences, avait présenté comme réel un fait qui n'était que conjectural.

Je considère le Vésuve comme un volcan anti-diluvien ; et ce qui doit ôter, à cet égard, toute incertitude, c'est qu'en creusant un puits aux environs de cette montagne, il a été trouvé trois couches de laves séparées les unes des autres par un lit de terre végétale.

Le Vésuve, après avoir dormi pendant 2200 ans, se réveilla et produisit la terrible éruption racontée par Pline.

Sa seconde éruption n'eut lieu qu'en 203, et la troi-

sième qu'en 462. Ce ne fut que dans sa septième éruption, qui eut lieu en 1036, qu'il vomit un torrent de feu liquide. Treize ans après, le même phénomène se renouvela, et le torrent coula jusqu'à la mer.

L'éruption de 1631 fut une des plus terribles, et le port de Naples resta un moment à sec, pendant que les laves coulaient de toutes parts. Le nombre des éruptions ne se montait qu'à vingt-quatre en 1754; il y en a eu plusieurs depuis cette époque, et dans ces derniers temps elles se sont succédées sans aucun intervalle

Serrao évaluait la lave vomie en 1737, à 319,698,161 pieds cubes; mais cette quantité est bien inférieure à celle des laves vomies par l'Etna; car Borelli a calculé que, dans l'éruption de 1669, la quantité des matières produites par l'éruption, eût été suffisante pour remplir une espace de 93,338,750 pas (1) cubiques.

Il est à remarquer que le Vésuve n'a commencé à produire de la lave, que mille ans environ après l'époque où il s'est rallumé; et que dès lors la première lave de l'Etna, qui, d'après l'abbé Recupero, doit avoir quatorze mille ans d'antiquité, suppose, dans le volcan lui-même, une antiquité beaucoup plus grande.

Bercley, qui fut témoin de l'éruption du Vésuve de 1717, rapporte que, dans l'espace d'un mois, il se forma une petite montagne au milieu du cratère; que cette montagne était conique, et qu'on y voyait deux ouvertures ou foyers dont l'un jetait du feu avec violence, et lançait

(1) Le pas étant de cinq pieds, chaque pas cubique répond à 125 pieds cubiques.

par intervalle, avec un bruit terrible, un grand nombre de pierres enflammées, à la hauteur de quelques centaines de pieds; et dont l'autre était remplie d'une matière enflammée et liquide, semblable à celle qu'on voit dans une verrerie, et qui s'élevait par ondes comme les vagues de la mer, avec un bruit violent et interrompu.

Mais aucun savant n'a examiné le Vésuve avec autant de courage et de persévérence que le Père Della Torre. Depuis 1749 jusqu'en 1755, il s'est avancé plusieurs fois jusqu'au bord du goufre situé au fond du cratère; il a même tenté d'en mesurer la profondeur. Un jour qu'il se trouvait favorisé par le vent qui éloignait la fumée, et par le soleil qui éclairait l'intérieur de l'ouverture, il osa monter sur un rocher qui formait une saillie au-dessus de l'abîme. Il aperçut tout au fond une matière bouillante. Une pierre qu'il laissa tomber, parvint jusqu'aux deux tiers du puits dans l'espace de huit secondes; et il jugea que la profondeur totale, jusqu'au niveau de la matière en fusion, était de neuf cent soixante-sept pieds.

Dans une seconde visite qui eut lieu trois mois après, la matière s'était élevée d'environ quatre cents pieds, et la profondeur n'était plus, selon lui, que de cinq cent quarante-trois pieds.

Le bruit du volcan lui parut semblable à celui de la mer dans une tempête.

En juin 1753, des écumes s'élevaient au-dessus des bords du trou. En juillet 1754, la matière fondue s'éleva jusqu'au bord du monticule, en rompit la base, et coula dans le cratère, d'où elle éleva le fond d'environ quatre pieds.

La petite montagne continua à s'élever, et en janvier 1755, elle était visible à Naples. Le cratère qui, dans le principe, avait de soixante à quatre-vingts pieds de profondeur, n'avait plus alors que vingt-trois pieds.

Le 10 avril, la lave coula de la petite montagne. Le sable et les pierres lancés par le volcan, étendirent la base de la petite montagne jusqu'au niveau de l'ourlet de la grande montagne, dont le circuit était de cinq mille six cent vingt-quatre pieds.

L'éruption continua depuis 1756 jusqu'en 1760; mais en mai 1759, une partie de la petite montagne s'écroula, entraîna une partie de la grande, et le volcan devint presqu'inaccessible.

Le chevalier Hamilton a décrit l'éruption de 1766.

La lave lui présentait l'aspect d'un métal rouge et fluide, semblable à celui des verreries. Elle coulait très-vite à sa source; mais une pierre lancée avec force pénétrait à peine au-dessous de la superficie. A mesure que la lave coulait, elle ramassait des pierres et des corps étrangers; il en sortait des exhalaisons sulfureuses. L'éruption dont Hamilton fut témoin, avait été annoncée par la même colonne de fumée en forme de pin que Pline avait observée, et Hamilton remarqua qu'elle passait à travers une fumée blanche.

On a vu que différentes éruptions avaient formé sur les pentes de l'Etna autant de montagnes. Celle qui naquit en 1538, auprès de Puzzol, à plusieurs lieues du Vésuve, présenta, dans les circonstances qui précédèrent sa formation, des phénomènes très-singuliers, et dont Sulsbach a donné la relation.

Les 27 et 28 septembre on éprouva plusieurs secousses,

la mer s'éloigna de deux cents pas du rivage, et des poissons restèrent à sec.

Le 29, il s'ouvrit un goufre dans une petite plaine voisine de Puzzol, entre le lac Averne et le mont Barbaro.

De ce goufre sortaient deux fumées différentes, l'une noire, l'autre blanche. Il vomit des pierres, des sables et une lave de boue liquide. Des cendres sèches furent lancées ensuite et portées jusqu'en Calabre : la flamme s'étendit au loin, et des arbres furent brûlés.

Une seule éruption fut suffisante pour élever une montagne conique de mille pieds de hauteur, et de trois mille pieds de circonférence.

Au bout de deux jours, Sulsbach monta sur le cratère qui avait une circonférence de deux cent cinquante pieds, et il y vit bouillonner les pierres.

Une seconde explosion eut lieu quatre jours après la première, et une troisième sept jours après celle-ci; elle fut plus forte que la seconde et coûta la vie à vingt-quatre personnes que la curiosité avait attirées.

Delli Falconi compta vingt secousses la nuit qui précéda l'éruption. Il atteste d'ailleurs les mêmes faits, et notamment que la mer s'était retirée devant Baïra, qu'elle paraissait à sec et qu'on ramassa des poissons sur le rivage.

Mais le plus singulier de tous les phénomènes qui eurent lieu dans cette occasion, fut, selon lui, la formation subite de deux fontaines voisines, dont l'une était froide et douce, et l'autre chaude et salée.

Ce ne fut pas une simple fontaine, ce fut un fleuve d'eau bouillante qui sortit, en 1630, du cratère du

Vésuve, très-peu de temps après que la mer eût abandonné ses rivages. Le torrent détruisit les villes de Portici et de Torre-del-Greco; les vallées de l'Etna furent elles-mêmes ravagées par un fleuve d'eau bouillante, en 1662.

Je me suis peut-être trop étendu sur les circonstances accessoires qui ont précédé, accompagné ou suivi les tremblemens de terre et les éruptions volcaniques; mais il eût été difficile de juger du mérite de l'explication que je vais entreprendre, si tous les faits dont je me propose d'indiquer la cause n'avaient été d'abord présentés dans leur ensemble.

304. Lémery était parvenu à imiter ces terribles jeux de la nature; il avait mêlé du soufre et de la limaille de fer; il enterra ce mélange après l'avoir humecté, et l'on assure qu'au bout d'un certain temps il en était résulté un effet analogue à celui des volcans et des tremblemens de terre. Mais le savant Rouelle soutint, avec raison, que ce n'était pas ainsi que la nature pouvait agir, attendu que le fer ne se trouvait pas, dans les mines, à l'état métallique, mais à l'état minéral, c'est-à-dire, dans un état où son mélange avec le soufre et avec l'eau n'aurait pu produire les effets obtenus.

305. Il n'existe parmi les physiciens et les naturalistes qu'une seule et même opinion sur les tremblemens de terre et les volcans; et cette opinion consiste dans l'idée très-vraie que ces deux phénomènes sont produits par des feux souterrains. Mais quand on leur demande la cause de ces feux souterrains, ils se contentent de faire, à cet

égard, une longue énumération de toutes les substances combustibles qui peuvent contribuer à les produire.

« La terre, disent-ils, en une infinité d'endroits, est remplie de matières combustibles : il y existe des amas de bitume, de tourbe, de charbon de terre, de soufre, d'alun, de pyrites, etc. Toutes ces matières sont propres à exciter des embrâsemens et à leur servir d'alimens, lorsqu'ils ont été une fois excités. Des substances bitumineuses et alumineuses, telles que certaines pierres feuilletées qui se trouvent dans les mines d'alun et de charbon de terre, après avoir été entassées et exposées pendant quelque temps au soleil et à la pluie, prennent feu d'elles-mêmes et répandent une veritable flamme. Dans les souterrains des mines, il se trouve des vapeurs qui prennent feu très-aisément et produisent des effets aussi violens que ceux de la poudre; quelques-unes de ces vapeurs, pour s'enflammer d'elles-mêmes, n'ont besoin que d'en rencontrer d'autres. Certaines huiles mêlées avec certains acides s'enflamment d'elles-mêmes. En mêlant deux parties de pyrite martiale (sulfure de fer) avec une partie de charbon de terre, on obtient un mélange qui s'enflamme de lui-même, etc. »

D'après tous ces exemples, ces savans n'hésitent pas à croire qu'il s'est allumé dans les profondeurs de la terre de vastes fournaises, et que lorsque par l'effet des infiltrations, il tombe de l'eau sur ces matières embrâsées, il en résulte les secousses des tremblemens de terre et les explosions des volcans.

On s'est contenté jusqu'ici de cette explication; mais dans l'état actuel des connaissances, je doute qu'elle puisse être considérée comme satisfaisante.

L'océan a des profondeurs très-inégales ; mais pour peu que les navigateurs s'éloignent des côtes, ils ne trouvent plus de fond avec des sondes qui descendent à plus de 150 toises ; et l'on suppose généralement que la profondeur moyenne de l'Océan est de plus de mille toises.

Or, plusieurs navigateurs ont ressenti, en pleine mer, des secousses de tremblemens de terre.

C'est donc conséquemment au-dessous des plus grandes profondeurs de l'Océan, que doivent être placées les cavernes enflammées, et il doit exister, entr'elles et le lit de l'Océan, une voûte assez épaisse pour avoir pu résister au poids énorme des eaux.

Je cherche la cause qui aurait pu rassembler à cette profondeur des masses énormes de ces mêmes matières inflammables que nous trouvons, au-dessus du niveau de l'océan, dispersées dans un très-petit nombre de mines ; et j'avoue que non-seulement cette cause m'échappe, mais qu'il me paraît impossible que la chose soit ainsi.

Le bitume est une huile résultante de la décomposition des matières animales et végétales qui pourrissent au fond de la mer. Cette huile un peu plus pesante que l'eau, mais qui, lorsqu'elle est mêlée avec l'hydrogène phosphoré, s'élève à la surface de la mer, doit, à la vérité, retomber au fond de l'océan, lorsque la cause qui l'a soutenue n'existe plus ; et je ne doute pas que dans les plus grandes profondeurs de l'océan, il ne se trouve beaucoup de bitume. Je conviens encore que cette substance inflammable doit s'infiltrer en même temps que l'eau de la mer et pénétrer avec elle dans les cavernes de la terre. Je conviens enfin que de l'eau pure, et à plus forte raison de l'eau très-salée et très-bituminisée, peut pro-

duire les plus terribles effets, lorsqu'elle tombe dans une fournaise allumée; mais encore une fois, je ne puis concevoir, dans les systèmes de MM. Rouelle, Duluc, de Saussure, Raimond et autres qui soutiennent que la terre a été entièrement façonnée par les eaux, comment il est possible qu'il se trouve sous le lit de l'océan une infinité de cavernes très-vastes, remplies de matières combustibles constamment embrâsées ou susceptibles de s'enflammer par le contact de l'eau.

Le soufre, qui est la matière principale à laquelle sont dus ces sortes d'embrâsemens, ne peut se trouver dans les cavernes sous-marines, car des expériences récentes de M. Davy ont prouvé que cette substance n'était qu'une matière secondaire qui contenait l'hydrogène au nombre de ses principes; et il paraît difficile de concevoir comment la combinaison de laquelle le soufre résulte, aurait pu se former dans ces cavernes, ou comment il aurait pu y être transporté après avoir été formé ailleurs.

Ce n'est certainement pas le soufre dont la combustion liquéfie les matières dont les laves sont composées; car on le trouve à l'état natif dans les crevasses des montagnes volcaniques, au bord des cratères, et même dans l'intérieur des laves où il existe à l'état de sulfure.

Tous les métaux que la terre renferme, à l'exception de l'or, sont combinés avec l'oxigène, et conséquemment incombustibles.

L'alun, qui est un sel neutre, l'est également.

La tourbe ne se trouve ordinairement qu'à la surface de la terre.

La houille ne doit sa combustibilité qu'au bitume dont elle est composée, et comme le bitume est une production

marine, il faudrait pour qu'il se trouvât de la houille sèche sous le lit de l'océan, que l'océan eût abandonné les profondeurs où son bitume aurait formé la houille : hypothèse contraire aux lois de la gravitation.

Et quant au carbone, qui est une production végétale, il ne m'est pas possible d'imaginer comment il aurait pu se trouver en grande masse dans les cavernes dont les voûtes supportent aujourd'hui le poids de l'océan et s'y trouver mêlé, soit avec le bitume, soit avec le soufre, soit avec des pyrites métalliques dont la formation exige la préexistence d'une vapeur sulfureuse qui elle-même aurait dû, dans ce cas, provenir d'une fournaise placée à une profondeur plus grande.

Je suppose cependant que toutes ces circonstances aient pu se rencontrer une fois, qu'il en soit résulté une mine miraculeuse, et que l'invasion accidentelle de l'eau ait pu allumer cette mine et produire une éruption volcanique ou un tremblement de terre, cette concession, si généreuse de ma part, ne rendrait pas le système que je combats plus vraisemblable ; car bien certainement la même cause n'aurait pas pu produire un second effet semblable au premier, puisqu'il est évident que les mêmes matières combustibles ne peuvent pas, après avoir été brûlées une première fois, se rallumer une seconde fois.

Il faudrait donc supposer autant de fournaises miraculeuses, qu'il a existé de tremblemens de terre et d'explosions volcaniques depuis le commencement des siècles. La supposition d'une seule d'entr'elles n'était qu'invraisemblable : a supposition d'un millier d'embrâsemens dus à la même cause, devient une absurdité ; et il faut nécessairement ou recourir à une autre explication, ou recon-

naître que la cause des volcans et des tremblemens de terre est un mystère impénétrable.

Le système que je vais proposer à cet égard, est de la plus grande simplicité, car il est la conséquence naturelle du séjour des eaux sur un globe primitivement embrâsé, aujourd'hui refroidi à sa surface seulement, et qui dans ses profondeurs se trouve encore à l'état de liquéfaction ignée.

306. Les naturalistes ont reconnu que les laves volcaniques, si variées en apparence, n'étaient que des modifications d'une seule et même substance, et que, dans tous les pays où il avait existé des volcans, la matière fondue que ces volcans avaient vomie, n'était autre chose que du bazalte.

Cette ressemblance entre les laves de tous les volcans et les laves de toutes les éruptions du même volcan, a paru à M. Faujas de St. Fond la chose du monde la plus inconcevable. Elle va devenir la chose du monde la plus simple si l'on veut bien admettre que le bazalte n'est autre chose que la matière propre du globe.

Le granit primitif est le métal terrestre à l'état d'oxide; le bazalte est le métal terrestre à l'état vitreux.

Le granit, composé de métaux hétérogènes qui n'ont pas été suffisamment brassés, se présente sous une forme grenue qui indique une multitude de cristallisations partielles formées dans la cristallisation totale; mais lorsque la matière terrestre, préparée par une ébullition suffisamment prolongée, et convenablement brassée par le passage continu des gaz qui la traversent et qui se dégagent pendant l'ébullition, descend enfin du sommet des

volcans, elle se manifeste sous la même forme que celle du cristal de nos verreries. C'est ainsi qu'elle a paru notamment dans l'éruption du Vésuve de 1551; la lave, à cette époque, plus fluide qu'à l'ordinaire, parce qu elle était plus pure, a parcouru en huit heures quatre milles italiques, c'est-à-dire, environ dix-neuf mille pieds.

Le balzate liquide brûle ou fond, en très-peu de temps, les corps qui y sont immergés; mais sa chaleur ne se répand au dehors qu'en petite quantité.

La lave coule encore, et déjà sa surface durcie, entièrement semblable à celle d'un fleuve en débacle dont les glaçons se seraient momentanément arrêtés, permet à l'homme de la traverser; et comme les fragmens réunis laissent entr'eux des intervalles, l'observateur contemple, sans danger, le torrent de feu qui coule sous la voûte qui le supporte.

Cette propriété non conductrice du fleuve basaltique est cause qu'il conserve le calorique dans ses profondeurs, pendant l'espace de plusieurs mois; et l'on peut conclure de cette observation que le globe terrestre qui n'était, dans le principe, qu'une lave embrâsée, a dû être habitable très-peu de temps après l'extinction de ses flammes.

La surface durcie des laves nous donne, en effet, une idée assez juste de l'aspect que devait présenter la terre dans sa nudité première.

L'eau, en s'introduisant dans les gerçures de la grande lave, produisit d'abord des déchiremens superficiels; mais à mesure que sa quantité augmenta, les déchiremens devinrent plus profonds, et il en résulta les terreins granitiques et bouleversés que les géologues ont découvert

au-dessous des roches siliceuses, et parmi lesquels ils ont trouvé les débris des premiers animaux dont la mer ait développé le germe.

La croûte superficielle de la terre s'est formée tout-à-la-fois de la régénération graduelle des matières dissoutes dans l'atmosphère et du brisement des scories granitiques; et il est résulté de ces deux causes, une matière pulvérulente, composée en majeure partie, de silice et d'alumine : matière qui a dû former, sous les eaux, une pâte argilleuse propre à les contenir. La quantité relative des infiltrations a donc dû diminuer par degrés, et les explosions devenues plus rares ont été d'autant plus terribles qu'elles partaient d'une plus grande profondeur.

Et cependant l'eau, dans ses communications plus ou moins fréquentes avec la matière embrâsée, accélérait son refroidissement et rendait à la surface du globe le calorique qu'elle puisait dans ses profondeurs.

Mais à mesure que le noyau se refroidissait; il s'y formait des gerçures plus larges; ces gerçures devinrent d'immenses cavernes; les eaux y pénétrèrent en s'infiltrant; et lorsque la vaporisation eut assez d'énergie pour briser les voûtes, des torrens d'eau inondèrent au loin le métal liquide. La terre entière dut alors s'ébranler par l'effet de la vaporisation générale; des continens purent être engloutis, et l'océan dut changer de lit.

Mais pendant que l'infiltration et les engoufremens absorbaient les eaux primitives, elles étaient renouvelées par les régénérations résultantes de l'abaissement progressif de l'atmosphère.

Les eaux atmosphériques avaient cessé de tomber, et les mers étaient probablement réduites à un très-petit

volume, lorsque le déluge universel vint forcer le métal liquide de descendre à une profondeur beaucoup plus grande. Plus le refroidissement fut rapide, plus il dut y avoir d'inégalité dans les fissures, et plus conséquemment le nombre des grandes cavernes dut augmenter.

Je suppose qu'à l'époque où les eaux diluviennes commencèrent à se retirer, la matière en fusion se trouvait à cinq ou six lieues au-dessous de leur lit; cet espace, composé de cavernes, de fissures et de matières desséchées, fut plus que suffisant pour produire la diminution rapide que le niveau de l'océan éprouva pendant les trois ou quatre premiers siècles qui suivirent le déluge.

L'abaissement graduel, qui n'est plus aujourd'hui que d'environ quatre pouces par siècle, doit encore diminuer par la suite; il pourra devenir insensible, mais il ne sera jamais nul.

Pour concevoir maintenant la cause des tremblemens de terre et des volcans, il faut se figurer deux océans superposés.

Le premier est celui dont nous connaissons la surface et dont nous évaluons approximativement la profondeur à une demi-lieue au moins et à une lieue au plus.

Le second océan qui communique avec le premier, au moyen de quelques gouffres, occupe les cavernes de la terre dans une profondeur de plusieurs lieues; il est plus chaud que l'océan supérieur et lui rend le calorique que celui-ci perd par l'évaporation.

A quelques centaines de toises, à quelques lieues peut-être au-dessous des voûtes qui supportent le poids des deux océans, se trouve la matière terrestre à l'état de fusion

L'espace intermédiaire est occupé par une croûte criblée de gerçures dont le refroidissement graduel augmente incessamment la capacité.

Le calorique qui s'exhale de la matière en fusion et dont la puissance est augmentée par la circulation perpétuelle du calorique magnétique entraîne avec lui les métaux volatilisés; les fissures intermédiaires se trouvent dès lors remplies d'un gaz parfaitement semblable à celui qui formait l'atmosphère primitive de la terre. Ce gaz qui est élastique et très-subtil, se trouve dans un état de compression; et à quelque profondeur que soit située la matière métallique, le gaz le plus chaud et le plus comprimé devra toujours être celui qui s'appuie immédiatement sur le sommet de la voûte.

Mais cette voûte n'est point impénétrable à l'eau qui suinte sans cesse à travers son épaisseur. La portion du gaz qui se trouve en contact immédiat avec l'eau, reprend l'état solide; le calorique s'élève à travers la voûte, réchauffe l'océan inférieur et s'élève au-dessus de la surface de l'eau qu'il gazéifie; l'air non conducteur l'arrête quelques instans; mais le calorique traverse enfin l'atmosphère et va se perdre dans le fluide universel.

L'eau qui a traversé les voûtes et qui se trouve chargée de bitume et de sel, se charge en outre des matières métalliques régénérées, et tombe avec elles dans les profondeurs de l'abîme où la chaleur la convertit en gaz, jusqu'à ce que l'évaporation ait pu refroidir suffisamment les cavités pour que l'eau puisse y séjourner.

Cependant les vapeurs aqueuses, élevées à la même température que les gaz métalliques, pénètrent avec eux dans la porosité des masses solides et s'y décomposent;

l'oxigène s'unit aux différens métaux; le granit se forme peu-à-peu, et l'hydrogène en liberté devient partie intégrante du mélange gazeux, qui se trouve encore augmenté par le gaz bitumineux.

L'océan inférieur réparti dans des millions de fissures communiquantes entr'elles, mais séparées les unes des autres par des masses granitiques, n'occupe que la plus petite portion de l'espace total. Les vapeurs aqueuses, bitumineuses et métalliques doivent dès lors s'ouvrir un passage à travers la porosité des grandes masses; les fissures que le refroidissement y produit, et celles dont il augmente la capacité, facilitent leur écoulement, et elles s'élèvent vers la surface de la terre, par l'effet de la pression sous laquelle elles se trouvent.

Il faut dès lors nécessairement qu'elles parviennent à une issue, ou qu'elles soient arrêtées à une certaine hauteur.

Dans le premier cas, l'issue qu'elles auront trouvée, deviendra pour toutes les vapeurs affluentes une colonne aspiratrice.

Dans le second cas, les vapeurs arrêtées se refroidiront, se condenseront et passeront à l'état liquide ou à l'état solide, et le vide qui résultera de ce changement d'état, attirera dans la même direction les colonnes affluentes qui, après leur réduction, seront elles-mêmes remplacées par d'autres.

Le premier cas donnera lieu à la formation d'un *volcan fumant*.

Le second donnera lieu à la formation d'une *mine*.

Je m'occuperai des mines dans le chapitre suivant, et je ne veux dans celui-ci fixer l'attention du lecteur que

sur les phénomènes qui doivent résulter de la formation des volcans fumans : formation qui est elle-même la conséquence nécessaire de la compression des vapeurs; car si ces vapeurs, dont la force expansive s'accroît indéfiniment, ne trouvaient pas d'issue, elles briseraient les parois des cavernes, et les tremblemens de terre seraient aussi terribles que fréquens.

Ce que j'appelle caverne n'est point un espace libre et voûté, tel qu'une cave : c'est une masse solide, coupée par des fissures verticales ou légèrement inclinées, dont la forme doit être à-peu-près la même que celle des filons de montagne. Des milliers de filons qui ont entr'eux une communication libre, ne forment qu'une seule et même caverne. L'eau infiltrée s'écoule sur les pentes de toutes ces fissures. Si la chaleur est assez forte pour que l'eau ne puisse parvenir qu'en partie jusqu'à la cavité qui termine la fissure, elle s'évapore en laissant sur les parois un enduit de bitume et de sel ; et les cavités dans lesquelles l'eau se rassemble forment autant de petites chaudières remplies d'une eau salée et bitumineuse.

Pour concevoir la cause de l'embrâsement, il n'est plus besoin que de supposer que les infiltrations de l'océan introduisent moins d'eau dans une caverne d'une certaine étendue, qu'il n'en sort en nature de vapeurs par la bouche du volcan fumant.

Il résulte en effet de cette supposition, que l'eau qui s'était accumulée dans la caverne, avant que les vapeurs eussent une issue, doit tarir au bout d'un certain nombre d'années ou de siècles.

Mais lorsque la caverne sera tarie, elle ne sera pas vide, et il restera au fond des cavités des chaudières, la tota-

lité du sel que l'eau contenait et la plus grande partie de son bitume : je dis la plus grande partie, car le bitume, quoique moins vaporisable que l'eau, contient une huile essentielle qui s'évapore plus facilement que l'eau.

Pendant les premières années de l'évaporation, la vapeur était presqu'entièrement aqueuse; mais à mesure que le liquide a diminué, la quantité relative de bitume qu'il contenait a augmenté, et la quantité relative des vapeurs bitumineuses a dû augmenter dans la même proportion.

Cette augmentation graduelle et toujours croissante dans la quantité relative des vapeurs bitumineuses, et la température de ces vapeurs qui elle-même s'est élevée en proportion de la diminution des vapeurs aqueuses, ont dû amener le moment où l'embrâsement de la caverne était inévitable.

De toutes les matières combustibles connues, il n'en est point de plus facile à allumer et de plus difficile à éteindre que la vapeur essentielle du bitume, connue sous le nom de *pétrole*. Le pétrole a donc dû s'allumer par le contact de la première molécule d'oxigène, et la première étincelle a dû produire l'embrâsement général; car la vapeur aqueuse voisine du pétrole embrâsé a dû se décomposer et céder son oxigène à d'autres molécules de pétrole.

L'incendie éteint dans une partie, rallumé dans une autre, et toujours inextinguible, a dû dès lors se propager jusqu'à ce que le bitume fût entièrement consumé, ou jusqu'à ce que la rupture des voûtes introduisît dans la caverne une masse d'eau suffisante pour en occuper entièrement la capacité; et dans ce cas même, le pétrole, véritable feu grégeois, aura continué pendant quelque temps encore de brûler dans l'intérieur de l'eau.

L'invasion subite d'un courant d'eau, dans les cavernes embrâsées de la terre, doit occasionner des secousses et des ruptures, parce que les nouvelles vapeurs rendent l'ancienne issue insuffisante.

Il faut dès lors que l'ancienne issue s'agrandisse, ou qu'il s'en forme une nouvelle. Dans l'un ou l'autre cas, les matières qui gênent ou obstruent le passage des vapeurs, doivent être lancées dans l'espace, et il sortira du gouffre que les vapeurs auront ouvert, des colonnes de fumée ou des colonnes de flamme, suivant la nature ou le degré de température des gaz qui s'élèvent alors à travers l'oxigène de l'atmosphère.

Si la quantité d'eau qui est tombée dans la caverne n'a pas été suffisante pour remplir toutes les cavités et éteindre tous les fourneaux, l'incendie continuera, et la surélévation graduelle de l'eau produira la même explosion; il s'ouvrira un nouveau gouffre, ou si l'ancien subsiste encore et présente aux vapeurs dilatées une issue praticable, il se manifestera à la surface de la terre les mêmes phénomènes qu'auparavant.

Le gouffre devenu alors un volcan se rallumera de temps en temps et lancera dans les airs les corps qui, dans l'intervalle d'une éruption à l'autre, auront obstrué le passage des vapeurs. L'espace que ces corps avaient laissé entr'eux pouvait être suffisant pour l'écoulement de la fumée ordinaire; mais il cesse de l'être dans le cas d'une expansion extraordinaire; il n'est donc pas étonnant qu'ils soient lancés alors avec une vitesse proportionnelle au degré d'expansion des vapeurs.

Si les matières exposées à leur action sont susceptibles

d'éprouver la fusion vitreuse, la haute température des vapeurs, jointe à une autre cause dont je parlerai, pourra produire cet effet qui n'aura lieu d'abord que dans les grandes profondeurs du gouffre. Mais la matière liquéfiée perpétuellement traversée par des vapeurs brûlantes, deviendra écumeuse ; elle s'élèvera peu-à-peu vers l'ouverture du gouffre; et lorsqu'une nouvelle invasion de l'eau provoquera une nouvelle expansion de vapeurs, la lave débordera ou s'ouvrira un passage à travers les flancs de la montagne.

Si cette explication est vraie, il en résulte que les anciens volcans sont les seuls qui puissent produire des laves : conséquence qui est conforme à l'observation. Jamais aucun des gouffres ouverts par les tremblemens de terre n'a vomi de la lave. La grande éruption qui produisit le *Monte Nuovo* près de Puzzol, ne fit point couler de laves ; il n'en coula point lors de l'éruption du Vésuve, qui détruisit Herculanum et Pompeïa ; et il fallut dix siècles pour que ce terrible volcan pût élaborer la matière qui, depuis huit cents ans ne manque jamais de couler à toutes les grandes éruptions.

La lave qui se manifeste au dehors ne forme qu'une petite partie de la matière fondue ; le surplus retombe dans le gouffre qui lui-même en est rempli alors à une très-grande hauteur. A mesure que l'incendie se calme, le poids de la lave soulevée l'emporte sur la force expansive des vapeurs, descend, se rapproche de la caverne, et comprimant de plus en plus les gaz intérieurs, ne s'arrête qu'au point où l'équilibre s'établit entre la gravitation et l'expansion.

La théorie chimique nous indique les combinaisons

qui ont dû s'opérer dans la grande fournaise au moment où la chute d'une certaine quantité d'eau est devenue la cause d'un nouvel écoulement de la lave.

Les vapeurs aqueuses, gênées dans leur issue, étaient parvenues à un degré d'expansion suffisant pour opérer leur décomposition ; la flamme du bitume, alimentée alors par l'oxigène de l'eau récemment décomposée, avait acquis une nouvelle activité ; le sel marin avait, par sa décrépitation, multiplié les points de contact du bitume avec l'oxigène ; et le feu devenu plus ardent avait décomposé le sel marin qui lui-même avait augmenté l'incendie, en joignant l'oxigène de ses deux principes à l'oxigène résultant de la décomposition de l'eau.

La terre avait dû être ébranlée ou au moins soulevée. L'eau alternativement décomposée et recomposée avait dû faire gronder le tonnerre souterrain. Ses vapeurs dont la dilatation était sans cesse augmentée, avaient dû déchirer, briser et lancer au loin les rochers mobiles qui s'opposaient à leur passage. Et cependant les parois granitiques de la longue gallerie, toujours dans un état d'incandescence, avaient dû subir la fusion vitreuse favorisée alors par la soude (1) résultante de la décomposition du sel marin.

---

(1) Dans les fourneaux de nos verreries la silice ne peut se liquéfier que lorsqu'elle est mélangée avec la soude ou tout autre alkali ; mais les fournaises de la nature ont une énergie incomparablement plus grande que celle de nos fourneaux, et la chaleur qu'elles produisent doit être suffisante pour opérer, sans le secours des alkalis, la fusion vitreuse de la plupart des métaux oxidés dont se compose la croûte du globe.

Le granit fondu avait coulé vers la caverne; mais les vapeurs avaient contenu le torrent, l'avaient forcé de remonter avec elles, et la matière vitreuse, brassée et devenue mousseuse par l'effet de sa viscosité, avait été contrainte de remonter et de se répandre dans le cratère jusqu'à la hauteur (1) nécessaire à son écoulement.

Quelque grands, quelque monstrueux que puissent paraître les effets produits par les volcans et les tremblemens de terre, la cause que j'assigne à ces effets est en harmonie avec eux; et cette cause se lie si parfaitement avec l'ensemble du Système universel, qu'il est impossible de supposer qu'une planète liquéfiée par le feu puisse devenir habitable, sans qu'il y existe constamment ou des volcans ou des tremblemens de terre.

Il ne me reste plus qu'à prouver que tous les phénomènes accessoires, qui accompagnent toujours ou qui ont accompagné quelquefois les tremblemens de terre et les volcans, sont coordonnés à la même cause.

307. « Des vapeurs sulfureuses, un air rouge et enflammé, des nuages épais, un temps lourd et accablant sont ordinairement les avant-coureurs des tremblemens de terre; quelquefois aussi ils arrivent inopinément et par un temps serein ».

Le premier cas n'arrive que lorsque la caverne, dont

(1) Lorentino rapporte que dans l'éruption du 8 juin 1630, le cratère du Vésuve se remplit jusqu'au sommet qui, dit-il, se trouvait alors comme une plaine.

l'embrâsement occasionne le tremblement de terre, n'est pas éloignée du lieu où il doit se faire sentir.

Avant d'ébranler la terre, l'expansion des vapeurs la soulève; les fissures de la croûte du globe s'élargissent; de nouvelles fissures se forment; une partie des vapeurs s'échappe, et l'air en est surchargé.

Il peut arriver quelquefois aussi que ces vapeurs qui partent d'une caverne située à plusieurs lieues de profondeur, ne puissent pas parvenir jusqu'à la surface de la terre, ou qu'elles rencontrent dans leur passage des eaux qui les absorbent, ou qu'il ne s'écoule pas assez de temps entre l'irruption de l'eau dans la caverne et la grande expansion des vapeurs, pour que l'effet se produise par degrés, et que la terre soit soulevée doucement avant d'être violemment ébranlée. Dans tous ces cas, le tremblement de terre ne sera annoncé par aucun signe sensible.

« On entend souvent des bruits semblables à ceux d'un tonnerre souterrain, ou à ceux d'une forte décharge d'artillerie : d'autres fois on entend des déchiremens et des sifflemens violens ».

Le tonnerre et les décharges d'artillerie sont occasionnés par la décomposition et la recomposition de l'eau; le bruit du tonnerre aérien n'a pas lui-même d'autre cause.

Les déchiremens sont les effets du brusque soulèvement de la croûte et des solutions de continuité qu'il occasionne. Les roches souterraines doivent alors quelquefois se fendre dans une très-grande longueur.

Les sifflemens ont lieu quand il se trouve des cavités à peu de distance de la surface de la terre, parce qu'alors les vapeurs condensées et resserrées dans le petit espace que leur présente ces cavités, s'en échappent par des fentes.

« Les tremblemens de terre sont presque toujours accompagnés d'agitations convulsives dans les eaux de la mer; les vaisseaux s'entrechoquent dans les ports, et ceux qui se trouvent alors en pleine mer éprouvent des mouvemens extraordinaires ».

Les vapeurs comprimées dans la caverne sous-marine, soulèvent le lit de l'océan inférieur, dont les eaux emprisonnées transmettent le mouvement au lit de l'océan supérieur; et comme ce lit est soulevé brusquement, le mouvement se transmet promptement à la superficie des eaux: la mer est donc soulevée; mais bientôt les lois du niveau font retomber cette vague accidentelle, et il résulte de sa chute les fluctuations extraordinaires dont les vaisseaux éprouvent les effets: fluctuations qui deviendront plus violentes encore, si le lit de la mer, après avoir été soulevé, s'abaisse tout-à-coup.

« Les secousses des tremblemens de terre se succèdent tantôt à de grands intervalles de temps, et tantôt très-rapidement ».

Les matières inflammables d'une caverne occupent plusieurs cavités séparées les unes des autres et disposées sur des plans différens; et toutes ces cavités communiquent entr'elles par des fissures. Lorque les matières sont suffisamment échauffées pour que l'embrâsement

puisse avoir lieu, il devient général, et les vapeurs devenues plus abondantes et qui n'ont plus une issue proportionnelle à leur nouveau volume, soulèvent les voûtes qui portent l'océan inférieur. Ce soulèvement occasionne une crevasse, et l'eau s'écoule dans une des fournaises : c'est l'époque de la première secousse. L'eau après avoir rempli une première cavité, s'écoule dans une seconde, dont le brasier produit une seconde secousse, et ainsi de suite ; et le phénomène dure jusqu'à ce que la mer ait rempli toute la série des cavités correspondantes, dont se composait la caverne.

« Le mouvement que les secousses impriment à la terre, est tantôt une espèce d'ondulation semblable à celle des vagues, tantôt un balancement semblable au roulis d'un vaisseau ».

Le choc direct des vapeurs est éprouvé par l'océan inférieur, et c'est lui qui, en le transmettant à la croûte de la terre, modifie le mouvement qu'il a reçu dans le sens vertical, et le convertit en mouvement d'ondulation ou de roulis. Les grandes agitations que la croûte du globe a éprouvées depuis le commencement des siècles ayant détruit sa continuité, elle se trouve divisée en fragmens plus ou moins grands, qui sont rapprochés entr'eux et juxtaposés dans les momens paisibles, mais qui se séparent à l'époque où la terre éprouve un gonflement ou des secousses. L'océan inférieur comprimé entre deux voûtes, et n'ayant que des issues insuffisantes par les gouffres qui le réunissent à l'océan supérieur, s'écoule latéralement dans la direction du plus voisin ou du plus large de ces gouffres ; et transmet au loin à toute la croûte le mou-

vement qu'il a reçu; et comme ce mouvement a été irrégulier et que les différens fragmens de la croûte solide y obéissent avec plus ou moins de facilité, suivant leur étendue, leur poids et le degré de leur cohésion, les secousses qui nous sont transmises à travers la croûte pulvérulente qui recouvre la croûte solide, doivent se manifester sous plusieurs formes.

« Les secousses suivent ordinairement une direction marquée ».

L'océan inférieur renfermé dans des aqueducs forcés est en communication avec l'océan supérieur; et lorsqu'il est comprimé par l'effort des vapeurs qui soulèvent son lit, il doit jaillir dans l'océan supérieur par les gouffres les plus voisins. Or, cet écoulement ne peut avoir lieu sans qu'il s'établisse un courant rapide dans les canaux qui le conduisent depuis le lieu où la compression s'est faite, jusqu'au gouffre par lequel les eaux remontent. Le choc que l'océan inférieur a reçu et qu'il communique à la croûte de la terre, doit donc être un choc oblique dans la direction du courant qui entraîne alors les eaux de l'océan inférieur, et la direction des secousses doit se trouver la même que la direction de ce courant.

« Le phénomène ne dure quelquefois que pendant quelques minutes; quelquefois il se prolonge pendant plusieurs jours et à diverses reprises ».

S'il n'existe dans la caverne qu'une seule fournaise ou un petit nombre de fournaises voisines, et que l'irrup-

tion des eaux soit très-abondante, le phénomène ne durera que quelques minutes; dans le cas contraire, il pourra durer plusieurs jours.

« On a vu en Amérique des tremblemens de terre durer plus d'une année, et faire sentir chaque jour plusieurs secousses violentes ».

Une caverne peut avoir plusieurs lieues de diamètre et des milliers de cavités embrâsées qu'un faible courant d'eau peut inonder successivement. L'océan inférieur transmettra au même lieu les commotions qu'il recevra, parce que ce lieu est toujours le moins solide de tous ceux qui composent les parois de l'aqueduc.

« On a vu la mer se retirer de plusieurs lieues, et revenir ensuite se précipiter avec impétuosité dans l'intérieur des terres ».

Le rivage ayant été soulevé, l'océan a dû se retirer, et lorsqu'ensuite le rivage a repris sa position ordinaire, l'océan a dû rentrer dans son ancien lit; mais comme l'océan y est rentré avec une vitesse accélérée, il a dû franchir ses limites, se répandre dans les terres, se retirer encore, revenir, et ne reprendre son niveau accoutumé qu'après plusieurs oscillations.

« Des terreins considérables ont coulé comme de l'eau et rempli des lacs ».

Il est arrivé souvent après de longues pluies, que des

terreins d'une grande étendue ont glissé tout d'une pièce sur la déclivité d'une montagne, parce que ces terreins dont l'entrelacement des racines des plantes maintenait la continuité, se trouvaient appuyés sur un banc d'argile détrempé. Les oscillations que les montagnes éprouvent pendant un tremblement de terre, augmentant momentanément la rapidité de leurs pentes, a dû quelquefois occasionner des glissemens qui n'auraient pas eu lieu si la montagne avait conservé son à-plomb.

« Souvent on vu la terre s'entr'ouvrir, vomir des flammes, des pierres calcinées et des eaux sulfureuses d'une odeur insupportable. Ces ouvertures se ferment quelquefois à l'instant même ; d'autres fois elles sont permanentes ».

Tout gouffre ouvert par un tremblement de terre est un volcan. Ce volcan ne sera que momentané, si le gouffre s'ouvre par l'effet d'un soulèvement momentané de la terre, parce que l'effet ne doit pas durer plus que la cause. Mais si l'ouverture est causée par l'éruption des vapeurs, et que les décombres de cette ouverture soient lancées au dehors ou englouties dans quelqu'abîme, l'ouverture sera permanente, et deviendra, suivant les circonstances, ou un volcan fumant, ou un volcan à éruptions périodiques.

« Les secousses se propagent presque instantanément à des distances énormes, pendant que les lieux intermédiaires n'en éprouvent aucun effet ».

Les secousses étant imprimées à la terre par l'océan

inférieur qui est renfermé dans des canaux continus, mais tortueux, elles ne doivent pas se propager en ligne droite, et les sinuosités du plus grand des canaux conducteurs doivent déterminer la route que suit la propagation des secousses.

Il est probable que l'océan inférieur est composé de lagunes correspondantes entr'elles par des fissures d'un petit diamètre. Quelque violent, dans ce cas, que puisse être le choc imprimé à cet océan, les régions situées sur les fissures ne seront que faiblement ébranlées, parce que la violence d'un choc produit par l'eau est toujours proportionnelle au diamètre de la base choquante. Les régions situées sur les lagunes seront, au contraire, soulevées presqu'en même-temps, quoique très-éloignées les unes des autres, parce que le mouvement se communique très-rapidement, et avec très-peu de perte, dans l'intérieur d'une masse d'eau, lorsque cette masse d'eau est contenue dans un aqueduc forcé.

« Les tremblemens de terre sont rares et accidentels; mais dans certains pays ils sont tellement fréquens, qu'on peut les considérer comme des phénomènes habituels ».

Plus un pays a éprouvé de tremblemens de terre, et plus il y est exposé, parce que la croûte solide et profonde, et la croûte superficielle elle-même y ont été séparées en fragmens qui n'ont plus entr'eux aucune adhérence, et qui doivent dès lors être soulevés et agités avec facilité par la presque totalité des chocs que l'océan inférieur transmet à une très-grande distance.

Si la Calabre, la Jamaïque et le Pérou ne sont plus

assis sur une voûte solide, mais sur les fragmens d'une voûte brisée par de fréquentes et violentes secousses, il n'est pas étonnant que les tremblemens de terre, dont la cause se renouvelle sans cesse, y soient, en quelque sorte, en permanence ; et ce sont précisément les agitations qu'éprouvent ces régions qu'on peut considérer comme flottantes, qui préservent les régions voisines d'accidens beaucoup plus graves qui auraient lieu infailliblement si l'océan inférieur éprouvait dans toutes les parties de la croûte de la terre, une égale résistance.

« Les îles et les régions situées dans le voisinage de la mer sont beaucoup plus sujettes aux tremblemens de terre, que les régions situées dans l'intérieur du continent : on ne trouve également les volcans que dans le voisinage de la mer ».

L'océan diluvien n'a séjourné sur les continens que pendant deux ou trois siècles. Ses infiltrations n'ont dû dès lors pénétrer qu'à une très-petite profondeur. Tant que ces infiltrations ont duré, elles ont pu produire des tremblemens de terre et des volcans ; mais les volcans se sont éteints quand l'océan s'est retiré ; et par la même raison, les tremblemens de terre ont dû cesser. La partie de la croûte correspondante à l'intérieur des continens ayant été beaucoup moins agitée, a conservé plus de solidité ; et il y a tout lieu de croire que les fournaises qui y ont produit les anciens tremblemens et les anciens volcans, sont situées à des profondeurs beaucoup moindres que celles qui produisent les volcans et les tremblemens de terre actuels.

Au-dessous de ces cavernes, il doit se trouver des fissures verticales, résultantes du refroidissement de la masse métallique de la terre; mais comme ce refroidissement s'est opéré avec lenteur, et non pas par l'effet de l'invasion intermittente des eaux et des explosions qui en ont été la suite, l'océan inférieur a dû pénétrer dans le labyrinthe de ces fissures, sans qu'il en résultât dans les grandes profondeurs du globe, d'autres effets que des infiltrations incapables d'y introduire les matières combustibles qui se rassemblent au contraire dans les cavernes placées sous le lit de l'océan actuel, parce que l'océan actuel est le théâtre des putréfactions dont le bitume est le résultat, et que le bitume étant toujours mélangé avec l'eau, doit descendre avec l'eau dans les plus grandes profondeurs des mers supérieures ou inférieures.

308. « On a de la peine à concevoir d'où peuvent provenir les masses énormes de matières embrâsées que vomissent les volcans, et quels sont les matériaux qui produisent, par leur combustion, le calorique suffisant pour fondre ces masses qui, elles-mêmes, ne sont pas combustibles ».

L'analyse a prouvé que les laves n'étaient composées que des mêmes métaux oxidés dont se compose la croûte de la terre. On ne peut pas douter qu'elles ne soient fusibles, puisque les volcans les vomissent dans un état de fusion ; et comme les laves, après leur refroidissement, sont fragiles et non pas malléables, il est évident que la fusion qu'elles ont éprouvée est de même nature que

celle qu'éprouve dans nos fourneaux la silice, lorsqu'elle est mélangée avec un alkali.

Les observations qui ont été faites, notamment par le Père Della Torre sur les phénomènes qui précèdent, accompagnent et suivent l'écoulement des laves, nous apprennent qu'elles sont le résultat de l'action d'un feu violent qui, lorsqu'il redouble d'activité, soulève et expulse les matières accumulées dans un tube d'une longueur indéfinie et dont la portion verticale s'abaisse au-dessous du cratère du Vésuve, à une profondeur de plus de mille pieds. Ce savant, aussi patient que courageux, a vu la matière liquéfiée et dont la surface n'est composée que d'écumes, s'élever par degrés, se répandre dans le cratère, remplir le creuset, le rompre, s'écouler en partie, retomber dans l'abîme, y subir une nouvelle ébullition, et se répandre de nouveau à l'époque où le feu de la fournaise acquérait un redoublement d'activité.

La partie de la lave qui a coulé et qui reste exposée à l'air, conserve sa chaleur pendant plusieurs mois; et l'on doit en conclure que la partie de la lave qui redescend dans un tube dont les parois sont au même degré de température que la lave elle-même, parois qui sont entourées de matières un peu moins échauffées, mais qui ne sont pas conductrices du calorique, doit rester pendant des années entières dans l'état de fusion; et je suis d'autant plus autorisé à tirer cette conclusion, qu'il s'exhale sans cesse de la bouche des cratères, dans l'intervalle d'une éruption à l'autre, des vapeurs élevées à un très-haut degré de température.

La matière des laves doit être inépuisable, car les parois du gouffre dans lequel elle se moule, sont elles-

mêmes, composées de la même matière que la lave, et dès lors susceptibles d'entrer en fusion comme elle, dans le cas d'une élévation suffisante dans la température de la vapeur qui traverse la lave dans les momens où l'expansion est excessive et qui, dans l'état ordinaire, circule entre la lave et les parois.

Il ne s'agit donc plus que de savoir quelle est la matière qui brûle dans la fournaise, pourquoi cette matière peut rester embrâsée pendant des siècles, et pourquoi enfin, à certaines époques, cette fournaise redouble tout-à-coup d'énergie.

Or, la matière brûlante n'est et ne peut être autre chose que le même bitume auquel sont dus l'amertume et le goût nauséabonde de l'eau de la mer ; bitume qui doit nécessairement résulter de la putréfaction des matières animales et végétales que la mer produit et qui meurent dans la mer ; bitume que l'expérience a démontré être plus pesant que l'eau, et plus abondant dans les profondeurs de la mer qu'à sa surface.

Le bassin des mers étant composé des mêmes matières qui forment la croûte des continens, doit, comme elles, être perméable à l'eau, et il doit l'être du moins dans quelques-unes de ses parties. L'infiltration continuelle de l'océan, à travers les matières qui composent son lit, est donc une vérité rationnelle ?

Il est prouvé d'ailleurs par l'observation, que le niveau de l'océan baisse graduellement de quatre ~~ou~~ pied. cinq pouces par siècle ; et comme la perte de cette quantité d'eau est beaucoup trop grande pour pouvoir être expliquée par la solidification de l'eau, que la végétation et la vie occasionnent, il devient d'une nécessité absolue de recourir

à l'infiltration pour y trouver la cause prédominante de l'abaissement graduel des eaux.

L'embrâsement primitif des astres et de la terre en particulier, est une autre vérité rationnelle dont il n'est pas permis de douter; et il est également certain que la terre a dû devenir habitable aussitôt que sa croûte solide, qui n'est pas conductrice du calorique, a été refroidie jusqu'à une médiocre profondeur.

Il existe donc une profondeur quelconque à laquelle la matière du globe terrestre est encore à l'état de fusion.

Or, il est impossible de supposer qu'une masse d'eau puisse s'appuyer immédiatement sur un bain de métal en fusion.

Il doit donc y avoir une séparation plus ou moins grande entre le fond de l'océan et le métal liquéfié. Cette séparation doit être remplie par un métal refroidi. Mais comme un métal ou une matière quelconque ne peut se refroidir sans diminuer de volume, l'espace qui sépare le fond de la mer de la matière en fusion, doit donc être occupée par une matière solide et caverneuse.

L'infiltration de la mer à travers le fond de son bassin étant elle-même une vérité démontrée, il en résulte que l'eau filtrée doit s'écouler dans les cavités sous-marines.

Mais la mer, soit en s'infiltrant à travers les rochers, soit en s'écoulant dans les fissures de ces mêmes rochers, ne peut perdre la propriété qu'ont ses eaux d'être à-la-fois bitumineuses et salées. Ce n'est donc pas de l'eau douce, c'est de l'eau bitumineuse et salée qui tombe dans les cavernes sous-marines, et cette eau doit être d'autant plus bituminisée et d'autant plus salée, qu'elle appartient à la plus profonde de toutes les couches de l'océan, puisque

C'est alors que toutes les saillies du gouffre sont brisées et que les rochers, arrachés du sein de la terre, sont lancés dans les airs avec le fracas épouvantable qui résulte de la combinaison des deux gaz résultans de la décomposition de l'eau, au moment où ils se recombinent de nouveau.

« Pline a vu la mer se reployer sur elle-même, et les poissons rester à sec sur le rivage; le même phénomène a été vu en 1538, lors de l'éruption qui produisit le Monte-Nuovo; il a été vu, enfin, en 1630, quelques momens avant l'époque où le cratère de Vésuve vomit le fleuve d'eau bouillante qui détruisit les villes de Portici et de Torre-del-Greco; et il est à remarquer que, dans ces trois circonstances, la mer qui avait abandonné le rivage n'y revint que lentement et ne produisit aucune inondation ».

Dans ces trois circonstances, la sur-élévation du rivage occasionna l'éloignement de la mer; mais cette sur-élévation résultante du gonflement de la terre et non pas d'une secousse, se soutint pendant quelques heures; et comme le rivage ne reprit alors sa position naturelle que lentement et par degrés, la mer reprit son ancien niveau sans aucune accélération, et elle ne fut point lancée dans les terres.

Cet abandon momentané du rivage dut aussi être occasionné, soit par des gouffres qui s'ouvrirent tout-à-coup dans le lit de la mer, soit par l'effet naturel de l'absorption des eaux, qui doit toujours avoir lieu lorsque la croûte du globe éprouve un gonflement : absorption qui

n'est quelquefois que momentanée, et qui, au moment où la croûte soulevée reprend sa place, est suivie d'une restitution partielle occasionnée alors par le resserrement des fissures qui s'étaient ouvertes.

Si, dans ce grand écoulement des eaux, une partie de la mer se trouve versée dans le canal qui conduit de la fournaise au cratère, cette eau, dont une partie est vaporisée et dont le surplus entre en ébullition, est entraînée par le courant ascendant des vapeurs, et elle sort par le cratère même, soit mélangée avec les terres et en nature de boue, soit en fleuve d'eau bouillante, suivant que la partie du canal qui s'est ouverte pour la recevoir, s'est trouvée plus ou moins obstruée par les éboulemens. La même catastrophe qui détruisit, en 1630, Portici et Torre-del-Greco, ravagea la Sicile en 1662. Ce phénomène s'est renouvelé plusieurs fois au Pérou, et sans doute aussi en beaucoup d'autres endroits, puisque les naturalistes ont établi, à cet égard, une différence caractéristique entre les corps volcaniques qui sont lancés pendant les éruptions boueuses, et ceux qui le sont pendant les éruptions sèches.

Quelques physiciens ont prétendu que les éruptions aqueuses ou boueuses étaient occasionnées par des lacs d'eau douce, qui s'étaient remplis dans l'intervalle d'une éruption à l'autre; mais il faudrait, dans ce cas, se déterminer à démentir le témoignage des habitans du pays, qui assurent avoir trouvé dans le lit de ces fleuves, des poissons de mer et des coquillages cuits.

« On a vu, après l'éruption qui éleva le *Monte-Nuovo*, jaillir pendant quelque temps, à peu de dis-

tance l'une de l'autre, deux fontaines, l'une d'eau douce et froide, l'autre d'eau bouillante et salée ».

Le gonflement qui précéda l'éruption et qui finit en même temps qu'elle, avait occasionné l'absorption des eaux.

Celles de la mer étaient descendues à une plus grande profondeur et s'étaient trouvées dans le passage des vapeurs qui les avaient converties en pluies boueuses ; mais la masse d'eau de mer que les vapeurs avaient échauffée, n'avait pas été entraînée en totalité dans le cratère du nouveau volcan, et lorsque la cessation du gonflement resserra les fissures de la terre dans lesquelles se trouvait l'eau bouillante et salée, elle dut remonter vers la surface de la terre et y produire diverses fontaines chaudes qui se confondirent avec l'eau de la mer, mais dont une seule trouvant une route plus courte ou plus facile, jaillit à la surface de la terre.

La même cause avait absorbé des eaux douces provenant des sources ordinaires, mais qui n'étaient pas descendues à une assez grande profondeur pour que le passage des vapeurs pût élever leur température, et le resserrement graduel de la terre pût faire jaillir la source froide et douce à peu de distance de la source chaude et salée.

» L'on a remarqué que la fumée qui s'exhalait du cratère du Vésuve, avait la couleur d'une fumée ordinaire avec une odeur légèrement sulfureuse et très-supportable ; au lieu que celle qui sortait des diverses crevasses de la montagne, était d'une couleur jaunâtre et répandait une

odeur fétide. On a vu quelquefois, à côté d'une fumée très-noire, une fumée aussi blanche que le coton le plus blanc, et l'on a remarqué que l'apparition d'une fumée noire et visqueuse qui sortait du cratère et s'élevait à une très-grande hauteur à travers la fumée blanche, était presque toujours le signe précurseur des grandes éruptions ».

La vapeur ordinaire qui s'exhale du cratère dans l'intervalle d'une éruption à l'autre, est une vapeur aqueuse mêlée avec de l'acide sulfurique ou sulfureux; et il paraît que ces deux vapeurs sont seules assez subtiles pour pénétrer facilement entre les parois du gouffre et la masse de lave fondue qui en occupe l'intérieur, et qui est retenue sur sa déclivité par l'action expansive de l'eau vaporisée.

La fumée jaunâtre et fétide est produite par le sulfure ammoniacal et le soufre en nature. Cette vapeur, plus grossière et plus visqueuse que la précédente, trouve sans doute un chemin plus facile en filtrant lentement à travers les crevasses de la montagne; et il est à remarquer que c'est sur le bord de ces crevasses que l'on trouve le soufre natif.

La fumée blanche, semblable au coton blanc, mérite une attention particulière.

Je soupçonne, d'après les descriptions des voyageurs, que cette fumée est précisément celle qui forme la colonne creuse des trombes marines, et nous la trouverons une troisième fois dans les mines de charbon de terre, d'où elle s'échappe sous la forme des fils d'araignée qui voltigent dans l'air pendant l'automne. Or, comme dans ce dernier cas elle produit de la flamme lorsqu'elle

est très-abondante, et qu'elle détonne lorsqu'en s'élevant au plafond de la mine elle se mêle avec l'air atmosphérique, il me paraît évident que ce gaz est en très-grande partie composé d'hydrogène ; et quant à son extrême blancheur et à la forme filamenteuse (1) qu'il prend, je l'attribue à sa combinaison ou à son mélange intime avec la plus subtile et la plus inflammable des huiles dont le bitume se compose, c'est-à-dire, avec le pétrole. J'invite au surplus les chimistes à vérifier si ces deux substances peuvent s'unir, et s'il résulte de leur mélange les qualités qui ont été observées dans le gaz filamenteux des mines de houille.

Quant à la fumée noire que Pline compare au tronc d'un pin très-élevé et qui développe son branchage au haut des airs, comparaison dont le chevalier Hamilton a reconnu la justesse, je l'attribue à l'interruption momentanée de la combustion qui avait lieu dans la grande fournaise : interruption occasionnée par la chute accidentelle d'un courant d'eau.

---

(1) La nature nous présente dans les corps gras une transition insensible entre l'état liquide et l'état solide, mais on n'avait pas encore observé de transition insensible entre l'état gazeux et l'état liquide ou solide. L'hydrogène bitumineux compléterait à cet égard l'harmonie des transitions. Ces filamens sont assez délicats pour se mélanger avec l'air atmosphérique et former avec lui de l'air tonnant ; mais ils ne le sont pas assez pour ne pas pouvoir être saisis par les ouvriers des mines qui, en les rassemblant et en les écrasant dans leurs mains, se mettent ainsi à l'abri du double danger qui résulte de la combustion et de la détonation de ce gaz équivoque.

Il me paraît en effet évident que, dans ce cas, la plus grande partie de la flamme que produisait le bitume a dû se convertir en fumée noire, grasse, et semblable à celle qui a lieu quand on éteint une torche résineuse.

Cette fumée, refroidie par l'eau et mélangée avec l'eau, n'a pas dû prendre feu à sa sortie du cratère.

La même cause a dû empêcher la combustion de la fumée blanche composée de naphte et d'hydrogène.

Ces deux substances ont dû se séparer dans l'intérieur de la caverne, parce que la dernière étant plus légère et plus subtile, a dû suivre la loi des densités relatives et sortir la première du cratère; la colonne noire doit donc toujours s'élever à travers la colonne blanche, et jamais la colonne blanche à travers la colonne noire.

La fumée noire et épaisse, chassée hors du cratère par l'effet de l'expansion générale, s'élève et demeure adhérente à elle-même par l'effet de sa viscosité; mais toujours chassée par la survenance d'une fumée nouvelle, elle conserve sa forme, lorsque le temps est calme, jusqu'à ce qu'enfin elle soit assez élevée pour que la diminution de la pression qu'exerce sur elle l'air environnant la force de s'épanouir et de se convertir en branchage ou en couronne.

Le grand pin qui s'élève, dans ce cas, au-dessus du cratère, étant le résultat de l'invasion d'une eau salée et bituminisée, qui n'éteint momentanément la flamme que pour lui fournir un nouvel aliment lorsqu'elle se rallumera, doit être en effet le précurseur ordinaire d'une violente éruption.

» Des personnes dignes de foi, et qui ont passé plu-

sieurs années dans le voisinage du Vésuve, assurent que la fumée noire a paru quelquefois sans être suivie d'éruption : elle se dissipe alors lentement, et elle est remplacée par la fumée ordinaire. »

La chose doit arriver ainsi, lorsque la matière qui tombe dans le brâsier est du bitume pur, ou qui n'est mélangé qu'avec une petite quantité d'eau.

Cette matière doit éteindre momentanément la flamme, parce qu'elle refroidit la partie de la fournaise dans laquelle elle tombe; et l'extinction momentanée de la flamme doit toujours produire la même fumée noire que nous apercevons au sommet d'une cheminée de pompe à feu, dans les instans qui suivent l'introduction d'une nouvelle quantité de houille humectée.

Le nouveau bitume qui s'est introduit dans la fournaise volcanique, produit absolument le même effet; sa température s'élève peu-à-peu, et sa vapeur se convertit en flamme, naturellement et graduellement, sans qu'il en résulte la grande expansion qui a lieu lorsqu'une masse d'eau introduite tout-à-coup au milieu d'un bitume brûlant, lance de tous côtés la matière enflammée.

» Les habitans des villages voisins du Vésuve sont avertis, au moins un jour, et quelquefois deux jours d'avance, de l'éruption qui doit avoir lieu. Le signe qui ne les trompe jamais et sur la foi duquel ils se hâtent de déménager, est la diminution subite du niveau de l'eau de leurs puits. Le tarissement absolu des puits et des fontaines indique une violente éruption. »

Au moment où il survient dans l'intérieur de la fournaise, une cause qui en augmente l'incendie, les vapeurs qui réagissent en tous sens et auxquels le cratère du volcan ne fournit plus une issue suffisante, soulèvent graduellement la terre, et le sol napolitain s'élève toujours alors d'une certaine quantité : mais cette surélévation ne peut avoir lieu, sans qu'il se fasse un vide dans l'intérieur de la terre. La terre doit donc, en ce cas, aspirer l'eau des sources (1).

» Après l'éruption, l'eau revient dans les puits ; mais elle ne revient pas, à beaucoup près, aussi vite qu'elle est partie ».

L'eau absorbée remonte rarement à la hauteur des sources ; mais la cause qui alimentait les sources avant le gonflement de la terre, produit son effet accoutumé quand le gonflement n'existe plus.

---

(1) Dans le tremblement de terre qui a eu lieu à Lyon le 6 novembre 1814, une pièce d'eau a été entièrement desséchée. Il est à remarquer qu'il y a eu autrefois des volcans aux environs de Lyon, car M. Faujas de St.-Fond a découvert de la pouzzolane sur les bords du Rhône. Un ancien amas de bitume laissé par la mer au fond de deux cavités a pu se dessécher lentement et finir par s'allumer ; il y a lieu de présumer que, dans ce cas, la chaleur aura fait fendre une voûte qui supportait des eaux douces, et que la chute de ces eaux introduites successivement dans les deux cavités a occasionné deux secousses qui ont été assez fortes pour faire tomber un pan de muraille.

» Les habitans des environs de Puzzol ont remarqué que la *Solfatara* cessait de fumer un jour ou deux avant l'éruption du Vésuve ».

La cause qui, dans ce cas, aspire les fumées de la Solfatara est la même que celle qui fait tarir les puits : la croûte de la terre ne peut se gonfler sans que l'augmentation des fissures n'ait lieu ; et cette augmentation ne peut avoir lieu sans produire une aspiration qui s'exerce sur l'air comme sur l'eau, et qui dès lors doit attirer, dans les crevasses de la Solfatara, un courant d'air assez fort pour faire rétrograder des fumées qui, dans l'état ordinaire, n'ont qu'une très-petite force ascensive.

» Pline le jeune, le chevalier Hamilton et la plupart des auteurs qui se sont occupés des volcans, ont observé que les nuages de fumée qui s'élevaient pendant les éruptions, étaient ordinairement sillonnés par des éclairs. On a présumé que ces éclairs étaient accompagnés d'un tonnerre, dont le bruit se confondait avec les détonations du volcan. »

J'attribue ces effets électriques à l'hétérogénéité des matières dont se compose la fumée d'un volcan.

J'ai dit dans le chapitre de l'électricité, que les vapeurs qui s'élèvent de la terre étaient d'abord en état d'électricité négative par l'effet de leur expansion, mais qu'au moment où elles se régénéraient et se convertissaient en eau, elles passaient à l'état positif, et que la foudre était produite par la décharge des nuages sur-

chargés de l'électricité résultante du grossissement des gouttes d'eau.

Or, il se dégage des volcans, pendant les éruptions, des vapeurs aqueuses et des vapeurs visqueuses.

Les vapeurs aqueuses suivent la loi ordinaire, et leur dilatation les constitue à l'état négatif.

Le nuage visqueux doit donc donner une première étincelle électrique au nuage aqueux qui s'en rapproche dans un état de grande dilatation; et comme le nuage visqueux est, par l'effet de sa viscosité, en communication permanente avec le réservoir commun, l'étincelle qu'il donne ne lui ôte rien de son électricité naturelle.

Mais si le nuage aqueux, qui lui-même alors a récupéré son électricité naturelle, s'est séparé de la colonne visqueuse, et que, par l'effet du refroidissement, il ait diminué de volume, il se charge d'une plus grande électricité positive que dans l'état naturel; parce que dans l'état naturel, il part de l'état d'électricité négative pour arriver à l'état d'électricité positive.

Ce nuage fortement électrisé, et qui, par l'effet de sa densité spécifique, reste stationnaire à une certaine hauteur, est repoussé par le vent sur la fumée visqueuse, il se décharge de son électricité surabondante et une nouvelle étincelle a lieu.

L'étincelle sera encore plus forte, s'il est atteint par un nuage aqueux que l'effet de son expansion aura électrisé négativement; l'eau de ce dernier nuage pourra alors être décomposée par le passage de l'étincelle électrique, et la recomposition subite de l'eau produira le bruit du tonnerre.

De la formation des minéraux.

Il se dégage des profondeurs de la terre une multitude de gaz qui, circulant à travers ses porosités, se régénèrent et reprennent peu-à-peu la forme liquide ou solide, forment les minéraux, ou augmentent la masse des minéraux existans.

La lenteur avec laquelle les laves se refroidissent nous donne une idée de la multitude des siècles qui devraient s'écouler avant qu'une masse métallique fluide, de trois mille lieues de diamètre, devînt une masse solide.

J'ignore s'il serait possible aux géomètres de déterminer, à cet égard, les termes d'une progression comparative; mais, dans le cas même où l'on supposerait cette progression beaucoup plus lente qu'elle ne l'est en effet, on arriverait toujours, après un petit nombre de termes, à celui où le calorique perdu dans le cours d'une journée, deviendrait une quantité infiniment petite.

La terre est donc encore en fusion à une certaine distance de sa surface, et elle y resterait probablement jusqu'à la fin des temps, si l'infiltration des eaux à travers la croûte qui couvre le métal fondu n'enlevait pas perpétuellement à ce dernier le calorique qui le retient à l'état liquide et qu'il ne perd alors que par l'effet de la puissance absorbante des vapeurs aqueuses.

J'ai dit qu'entre le lit de l'océan inférieur et le métal liquéfié, il devait exister une couche terreuse plus ou moins épaisse, composée du métal que le refroidissement a solidifié, et dont les crevasses sont remplies par un gaz de même nature que celui qui formait l'atmo-

sphère sensible de la terre, lorsqu'elle était encore une masse ardente.

La subtilité de ce gaz, jointe à la force qu'il reçoit à chaque instant par la survenance d'une nouvelle quantité du calorique, lui permet de s'ouvrir un passage à travers es porosités du globe où il forme deux courans principaux.

L'un traverse l'océan verticalement, s'y régénère et y laisse les métaux en dissolution ou précipités dans ses profondeurs.

L'autre traverse la croûte solide du globe, et dans cette traversée, le gaz subterranné suit à-la-fois les lois de la moindre resistance, celles de l'affinité et celles du changement d'état.

En vertu des lois de la moindre résistance, la partie du courant gazeux qui s'est ouvert le passage le plus facile à travers la croûte du globe, devient pour les courans latéraux une colonne aspirante. Les filets vaporeux se rapprochent et composent de petits ruisseaux dont la réunion forme des fleuves : telle est la raison pour laquelle les régions du globe, par lesquelles s'échappent les vapeurs ou vers lesquelles se dirigent celles qui sont composées de gaz réductibles, sont toujours à-peu-près les mêmes.

Les lois de l'affinité sont cause que le mélange gazeux, lorsqu'il arrive à la surface de la terre, se trouve diminué de la somme de tous les gaz qui se sont réunis à des matières analogues, ou qui ont obéi au pouvoir des menstrues dans lesquels ils étaient solubles.

Et les lois du changement d'état n'ont pas permis à ceux de ces gaz qui étaient réductibles à un certain degré

de température, de s'élever au-dessus de la ligne où ils ont rencontré cette température.

Mais la masse de ces vapeurs, auxquelles je donne le nom de *gaz subterranné*, ne se compose pas seulement du gaz fondamental exhalé constamment par le bain métallique; elle se compose aussi des gaz accidentels qui se forment pendant l'embrâsement des matières que l'infiltration de l'océan a introduites dans les cavernes sous-marines.

Ces matières ne s'échauffent que par degrés; et longtemps avant leur embrâsement, elles produisent des vapeurs distillées, qui se mêlent aux gaz métalliques, et qui peuvent même se combiner avec quelqu'un d'entr'eux pour former des gaz nouveaux.

L'embrâsement arrive enfin, et il doit avoir lieu plus tôt ou plus tard dans la presque totalité des cavernes sous-marines, parce que la chaleur énorme qui s'y concentre, doit presque toujours évaporer plus d'eau que l'infiltration n'en fournit, et que d'ailleurs la communication plus ou moins libre et plus ou moins immédiate des cavernes entr'elles, est cause que l'une d'elles ne peut s'enflammer sans aspirer les vapeurs des cavernes voisines, et les conduire avec les siennes propres dans les soupiraux par lesquels elles s'échappent.

Dans cet état de choses, les nouveaux gaz que la combustion développe, se mêlent aux gaz métalliques que le feu central exhale, et ce mélange donne lieu à de nouvelles combinaisons gazeuses : combinaisons qui, lorsqu'elles n'ont pas d'issue par la bouche des volcans fumans, suivent à travers les porosités du globe les routes que les émanations antécédentes leur ont tracées.

Le calorique sensible est le principal dissolvant de toutes les matières dont se compose le gaz subterrané, mais il n'en est pas le dissolvant unique. Le calorique magnétique, plus pur que le calorique sensible, et qui est doué d'un mouvement progressif incomparablement plus rapide que celui de la lumière, traverse, dans deux directions opposées le globe de la terre, et dissout dans sa route celles des molécules métalliques avec lesquelles il a le plus d'affinité. Dans cet état, il se mêle avec le calorique sensible, et le grand mélange se trouve composé non-seulement de gaz hétérogènes, mais encore de gaz homogènes, qui diffèrent entr'eux de subtilité.

Il s'agit maintenant de prouver que la même théorie à l'aide de laquelle j'ai expliqué le phénomène des volcans et celui des tremblemens de la terre, est également applicable à l'universalité des phénomènes que présente la minéralogie.

Avant d'entreprendre cette explication, il est à propos d'énumérer les matières dont se compose le gaz qui s'élève perpétuellement à travers les masses plus ou moins poreuses ou gercées qui supportent les continens.

Ces matières sont, 1.° le *gaz fondamental* qui comprend tous les métaux connus; car puisque ce gaz est le même que celui qui s'est exhalé du globe lorsqu'il était totalement à l'état de liquéfaction ignée, il n'y a aucune raison pour en exclure tel métal que ce soit.

2.° L'oxigène, résultant principalement de la décomposition de l'eau et de celle d'une partie de l'acide muriatique formant la base du sel marin.

Mais, d'après la température à laquelle le gaz subterrané a été élevé, et l'abondance des combustibles qui y étaient

réunis, l'oxigène ne peut exister dans le mélange gazeux qu'à l'état de combinaison ; savoir :

Combiné avec l'hydrogène.

Combiné avec les métaux primitivement réduits dans le passage du gaz fondamental à travers l'océan ; métaux qui, dissous dans l'eau, étaient tombés avec elle dans les cavernes sous-marines, et qui, après l'évaporation se trouvant mêlés avec le bitume, ont été brûlés en même temps que le bitume.

Combiné avec la soude qui forme, avec l'oxigène et avec un combustible inconnu, le sel marin; sel que le feu ordinaire de nos fourneaux ne peut volatiliser, mais qui est volatilisé par le feu des fournaises volcaniques.

Combiné enfin avec le carbone qui est un des principes du bitume.

3.° L'hydrogène résultant de la décomposition de l'eau et qui se présente sous diverses formes ; savoir :

A l'état natif.

A l'état d'eau.

Combiné avec l'azote et formant l'ammoniac : substance reconnue comme production volcanique, mais qui existait probablement dans le bitume marin, comme produit ordinaire de la putréfaction des matières animales.

Combiné avec un principe inconnu et formant avec lui le soufre, production volcanique beaucoup trop abondante dans les éjections des volcans, pour pouvoir être considérée comme préexistante dans le bitume.

Combiné avec un autre principe inconnu, et formant avec lui le phosphore.

Combiné avec le phosphore, et formant avec lui l'hydrogène phosphoré : substance mélangée avec le bitume

marin, et à laquelle est due l'étincellement de l'eau de la mer.

Combiné avec le carbone du bitume.

Combiné avec l'huile gazeuse du bitume.

Combiné avec le soufre, et formant avec lui l'hydrogène sulfuré.

Et combiné enfin avec tous les métaux dont l'hydrogène sulfuré est le dissolvant général.

4.° L'azote,

Combiné avec l'hydrogène, et devenu ammoniac.

5.° Le carbone,

Combiné avec l'oxigène, et devenu acide carbonique.

6.° La base acidifiable et inconnue de l'acide muriatique,

Combinée, soit avec l'oxigène, soit avec l'hydrogène, et formant, dans cette dernière hypothèse, le soufre.

7.° Le sodium du sel marin,

Combiné avec l'oxigène seul, ou avec d'autres substances.

8.° Le soufre,

Devenu acide sulfureux ou sulfurique, et combiné dans l'un de ces deux états avec divers oxides;

Combiné en sulfure avec d'autres substances, telles que l'ammoniac, le fer, le cuivre et l'arsenic.

9.° Les huiles bitumineuses, plus ou moins essentielles, et plus ou moins pures, produites par une distillation lente.

10.° Le bitume carbonisé, ou fumée noire, produit d'une distillation rapide.

11.° Enfin, le sel marin non décomposé, et rendu gazeux par la violence du feu.

Des pierres.

On distingue deux sortes de pierres; les pierres volcaniques et les pierres minérales.

M. Faujas de St.-Fond établit en principe que toutes les pierres volcaniques sont des bazaltes plus ou moins altérés. J'ai expliqué la formation du bazalte; je n'ai donc plus besoin de m'occuper des pierres volcaniques.

Les pierres minérales comprennent tous les mélanges imaginables de métaux oxidés, et dont il résulte un solide plus ou moins dur, cristallisé d'une manière plus ou moins incomplète.

Les minéralogistes ont classé les diverses pierres et les ont rendues reconnaissables par leur couleur, leur forme, l'aspect de leur cassure, etc. Les chimistes nous ont appris dans quelles proportions s'y trouvaient les divers métaux et les autres substances non métalliques qui quelquefois en font partie. Ces deux sciences arrivent au même but par deux routes différentes; car le minéralogiste m'apprend à connaître, par la différence des apparences, les matières dont une pierre est composée; et le chimiste m'apprend les diverses apparences sous lesquelles peut se présenter une pierre qui contient certaines matières dans certaines proportions.

La cause principale des grandes difficultés que présente l'étude de la partie de l'Histoire naturelle relative aux pierres, c'est qu'il est impossible d'établir une méthode fixe propre à les classer; et cette impossibilité tient non-seulement à la multitude presque infinie des combinaisons qui existent dans la proportion des matières, mais encore à la diversité des moyens dont la nature s'est

quelquefois servie pour arriver à des résultats à-peu-près identiques.

La plus ancienne des pierres est celle qui a été le résultat immédiat du refroidissement de la terre. Cette pierre est le granit primitif.

Le métal terrestre, volatilisé par le feu, s'est précipité à une certaine époque du refroidissement, et son retour de l'état gazeux à l'état solide l'a embrâsé et liquéfié de nouveau. Mais comme cette seconde liquéfaction a été moins parfaite que la première, et qu'il existait déjà dans le métal un commencement d'oxidation, il en est résulté des pierres qui ressemblent plus ou moins au granit primitif, mais dont quelques-unes en diffèrent assez pour que les naturalistes aient pu établir entre ces sortes de pierres des caractères distinctifs.

D'autres précipitations ont donné naissance à de nouveaux corps embrâsés.

Les pierres de silicium ont été plus abondantes que les autres, parce que ce métal est le plus abondant ou le plus volatilisable de ceux qui composent la grande masse.

L'ordre des pesanteurs ou des réductibilités a déterminé l'ordre de la formation entre les pierres alumineuses et les pierres calcaires; celles-ci ont été formées les dernières; elles se trouvent toujours plus ou moins mélangées avec les autres métaux, et elles se présentent dans la nature sous une multitude de formes.

Le marbre des grandes montagnes a été produit par l'arrangement à demi-régulier que les molécules du carbonate calcaire ont pris entr'elles en se refroidissant après leur liquéfaction ignée. Mais il n'est pas aussi facile de concevoir comment le marbre ordinaire a pu se for-

mer au fond des eaux ; car le carbonate calcaire n'est pas soluble par l'eau, il est seulement miscible avec elle ; et le dépôt des molécules de ce carbonate, atténuées par l'effet du mouvement des eaux, peut bien former des moellons ou autres roches calcaires plus ou moins compactes ; mais il est difficile de croire qu'une substance aussi pure et aussi solide que le marbre, n'ait pas été le produit d'une précipitation formée à la suite d'une véritable dissolution.

Or, voici, d'après ma théorie, la manière dont le marbre aurait pu se former au fond d'une eau paisible, telle que celle d'un lac.

Le gaz subterrané s'était ouvert un passage à travers ce lac, et le gaz de calcium devait faire partie du mélange. Ce gaz s'est régénéré en perdant son calorique gazéifiant, et le calcium est resté dissous.

Le calcium ayant beaucoup plus d'affinité avec l'oxigène que d'autres métaux qui, tels que le fer, par exemple, ont la propriété de décomposer l'eau, a dû à plus forte raison la décomposer ; il est devenu oxide de calcium, c'est-à-dire, à l'état de chaux ; et, dans cet état, il est encore resté dissous dans l'eau.

Mais comme l'eau ne peut dissoudre la chaux que jusqu'à concurrence d'un millième de son poids, la chaux s'est régénérée, et sa précipitation lente et continue a converti l'eau du lac en un lait de chaux plus ou moins épais.

Or, l'acide carbonique, principe qui a avec la chaux une grande affinité et qui faisait lui-même partie du gaz subterrané, a dû se combiner avec les molécules de la chaux à mesure qu'elles se formaient ou à mesure qu'elles se précipitaient.

La matière régénérée et précipitée est donc devenue dès lors de la chaux carbonatée, c'est-à-dire, l'élément constituant du marbre qui a formé au fond du lac une couche graduellement croissante, dans l'intérieur de laquelle des coquillages ont pu vivre pendant son état de mollesse.

Une dissolution moins parfaite a produit les pierres coquillières; d'autres dissolutions moins parfaites ont produit la craie et la marne, substances qui peuvent également avoir été formées dans le sein de l'atmosphère ou être provenues des vapeurs de la terre.

La chaux a pu tomber ou à l'état de carbonate, ou à l'état natif. Dans ce dernier cas, l'eau en aurait été saturée, et la chaux se serait carbonatée peu-à-peu à la surface de l'eau par son contact avec l'acide carbonique de l'atmosphère.

Mais s'il est permis de faire un choix entre l'une ou l'autre de ces deux explications de la formation du marbre sous-aquatique, l'on cessera d'avoir la liberté du choix lorsqu'il s'agira d'expliquer la manière dont la chaux s'est combinée avec l'acide sulfurique pour former le plâtre (sulfate de chaux); car il n'existe point d'acide sulfurique dans l'air, et la quantité de celui qui aurait pu s'y mêler accidentellement n'est nullement en rapport avec la prodigieuse quantité de plâtre qui existe dans certaines régions, tandis que d'autres régions très-vastes en sont totalement privées.

En admettant l'existence d'un gaz subterrané dans lequel le soufre se trouve quelquefois natif, quelquefois combiné avec l'hydrogène ou avec les métaux, et quelquefois enfin combiné avec l'oxigène, on conçoit que

l'acide sulfurique en se combinant, par exemple, avec l'eau du grand lac qui couvrait autrefois l'emplacement où se trouvent aujourd'hui Paris et les villes voisines, a pu rendre ce lac propre à convertir en plâtre, non-seulement la chaux qui y était dissoute, mais encore le carbonate de chaux qui pouvait s'y être formé ou y être tombé en forme de pluie solide.

Il est constant en effet, par l'expérience, que toutes les fois que le carbonate de chaux est en contact avec l'acide sulfurique, l'acide carbonique est dégagé et que la chaux est convertie en sulfate.

La rareté du sufalte de chaux, comparativement au carbonate de chaux, serait inexplicable, s'il n'était pas constant par l'observation, qu'il ne se brûle qu'une très-petite partie du soufre qui se forme dans les chaudières volcaniques, et que celui qui sort des volcans se trouve ordinairement ou à l'état natif ou à l'état de sulfure.

Il y a même tout lieu de croire que l'acide sulfurique de l'alun a été formé à la surface de la terre (1) par du soufre natif qui y a été brûlé ; car, dans l'alun, l'acide sulfurique n'est pas seulement combiné avec l'alumine, mais encore avec la potasse qui paraît résulter elle-même

(1) Les mines d'alun sont très-rares ; et toutes les pierres dont on l'extrait contiennent du soufre ou sont voisines des soufrières. La mine d'alun de Pouzzol est placée dans la même montagne que la Solfatara, mine inépuisable de soufre, qui donne de la fumée pendant le jour et de la flamme pendant la nuit.

On trouve en Suède une très-belle pyrite fort pesante et

de la décomposition des végétaux, et qui ne doit se trouver en quantité notable qu'à la surface de la terre.

Il serait inutile de multiplier les exemples relatifs à la formation des diverses pierres qui se trouvent dans les couches superficielles de la terre, et qui sont le produit d'une multitude de vapeurs hétérogènes qui, en se régénérant, s'incorporent aux substances que le hasard place sur leur route, et particulièrement à celles qui leur présentent l'attrait de l'homogénéité ou celui de l'affinité.

Ce qu'on admire le plus dans les pierres et notamment dans les marbres, c'est la richesse et la variété des couleurs : on les attribue généralement à des molécules métalliques plus ou moins oxidées. Et puisque, dans mon système, l'innombrable variété des métaux qui s'élèvent des profondeurs de la terre sous forme gazeuse, se régénère surtout en traversant les eaux, il n'est pas étonnant que dans les dépôts aqueux, dont le marbre est le résultat, il se soit trouvé une infinité de molécules métalliques à divers degrés d'oxidation qui aient produit les innombrables couleurs qui distinguent les marbres.

---

fort dure, de laquelle on extrait du soufre et de l'alun. On trouve aussi de l'alun et du soufre dans les mines de charbon de terre de Laval. La plus célèbre des aluminières est celle qui est aux environs de *Civita-Vecchia* et qui porte le nom *della Tolfa*, mine dont on extrait l'espèce d'alun connu dans le commerce sous le nom d'alun de *roche*, ou d'alun de *Rome*. L'alun n'y existe pas en nature, et pour l'obtenir il faut faire calciner, pendant douze ou quinze heures, la pierre qui en contient les principes, c'est-à-dire, le soufre, la potasse et l'alumine.

Des eaux thermales.

311. Deux sources sont voisines : l'une est froide ; l'autre est bouillante.

Cet effet est facile à concevoir si l'on admet que les vapeurs qui montent à la surface de la terre et qui doivent obéir à la loi de la moindre résistance, sont divisées en une infinité de courans, et que les cheminées par lesquelles ces courans s'écoulent doivent être d'autant plus chaudes qu'elles présentent plus de facilité à l'ascension des vapeurs brûlantes qui s'échappent des chaudières. La température des cheminées sera, dans ce cas, d'autant plus élevée que les matières dont leurs parois sont composées, se seront trouvées plus mauvaises conductrices du calorique.

Les vapeurs auront elles-mêmes conservé une haute température en approchant du sommet de ces cheminées; et lorsqu'elles y auront rencontré un sol humide, leur calorique se sera communiqué tout-à-la-fois et à ce sol humide et à la source résultante de ses égoutures.

La source, dans ce cas, sera bouillante, tandis qu'une source voisine qui provient d'un autre terrein humide, séparé du premier par des corps non conducteurs, n'aura éprouvé aucune chaleur.

Les physiciens qui attribuent la chaleur des sources à leur passage à travers des pyrites susceptibles de s'échauffer par leur mélange avec l'eau, auraient dû s'apercevoir qu'une pareille cause eût été momentanée, qu'elle aurait diminué peu-à-peu, et qu'au bout d'un petit nombre d'années elle eût été complètement nulle. Dans mon système, au contraire, qui est particulièrement fondé sur la

persévérance des courans vaporeux dans les routes qu'ils se sont ouvertes, il n'est pas étonnant que les eaux thermales aient acquis une haute température et qu'elles l'aient conservée au même degré pendant plusieurs siècles.

Des eaux minérales.

512. Certaines sources, dont la plupart sont plus ou moins chaudes, contiennent en dissolution divers principes qui leur ont fait donner le nom d'eaux minérales : et la diversité de ces principes dans les différentes eaux minérales est telle, qu'il n'existe pas dans la nature deux sources qui se ressemblent parfaitement, soit par les matières qu'elles contiennent, soit par les proportions dans lesquelles les mêmes matières s'y trouvent.

Il y a des eaux minérales qui sont tout-à-fait froides; et ce sont ordinairement celles qui ne contiennent que du fer ou de l'acide carbonique.

Les premières sont froides parce qu'elles ne reçoivent point de vapeurs et qu'elles acquièrent la propriété ferrugineuse en traversant quelques-unes des mines de fer qui sont répandues en abondance à la surface de la terre.

Les autres reçoivent du grand alambic l'acide carbonique, ou traversent des cavernes dans lesquelles cet acide est resté accumulé.

La pesanteur qui le caractérise est cause qu'à égal degré de température, il s'élève beaucoup plus lentement que les autres gaz qui composent avec lui le gaz subterrané; il doit donc arriver à la surface de la terre presque entièrement refroidi. Et comme il n'est point réductible par un refroidissement ordinaire, et qu'il est soluble par l'eau à toutes les températures, il n'est pas étonnant qu'il

n'élève pas celle de quelques-unes des sources avec lesquelles il se combine.

Les autres eaux minérales dont la température est plus ou moins élevée, contiennent assez généralement, en proportion plus ou moins grande, les matières suivantes ou une partie d'entr'elles :

La soude,
Le muriate de soude,
Le sulfate de soude,
Le sulfate de chaux,
Le muriate de chaux,
L'acide carbonique,
L'huile minérale ou bitume,
Le soufre, l'acide sulfureux, et le sulfure ammoniacal.

Il est à remarquer que l'on y trouve le muriate de soude (sel marin) en nature, et qu'on en retrouve aussi les principes isolés dans la soude, le sulfate de soude et le muriate de chaux ; ce qui prouve que, dans les masses de sel qui existent au fond des cavernes volcaniques, il y a une partie du sel qui n'est point décomposée, mais seulement sublimée, et une autre partie du sel qui est entièrement décomposée.

Le bitume qui se trouve fréquemment dans ces sources, prouve qu'il y a aussi une partie de ce combustible qui échappe à la combustion et qui traverse la terre à l'état de gaz.

Parmi les eaux thermales, il s'en trouve un petit nombre qui contiennent de la magnésie et de l'alun. Ces matières pourraient, à la rigueur, provenir des vapeurs sub-

terranées; mais il me paraît vraisemblable de les attribuer à la lixivation des terres à travers lesquelles elles circulent.

Mais ce qui doit paraître plus extraordinaire, c'est que l'analise ait fait reconnaître dans quelques-unes de ces eaux des oxides métalliques qui ne sont point solubles dans l'eau par les procédés ordinaires, et notamment de la silice. Mon système est le seul dans lequel cette singularité puisse s'expliquer; car si le gaz siliceux fait partie des mélanges dont se compose le gaz subterrané, il n'est pas étonnant qu'une partie de ce gaz se régénère en traversant perpétuellement la même source.

Quant au soufre sublimé, à l'acide sulfureux et au sulfure ammoniacal, ce sont des gaz volcaniques et qui doivent conséquemment faire partie des vapeurs subterranées.

La multitude des sources minérales, et la diversité des matières qu'elles renferment, prouvent une vérité très-importante, et dont j'aurai occasion de faire l'application, c'est que les vapeurs subterranées sont sujettes à de grandes variations dans la nature des mélanges qui les composent, suivant les différentes parties de la surface de la terre vers lesquelles elles se dirigent. Et l'uniformité constante des qualités spéciales des eaux thermales du même pays, prouve en même temps, que dans un lieu donné, la proportion des gaz qui y composent le gaz subterrané, est toujours à-peu-près la même.

Il existe quelques sources au-dessus desquelles il s'élève une flamme perpétuelle.

Ce phénomène a lieu parce que le bitume, plus ou

Il en existe en Egypte un amas immense qu'on appelle *mer sèche*, et qui est employé au même usage.

Rouelle a observé que le natron d'Egypte est de deux espèces; que celui qui est le plus parfait est de la soude pure, (c'est-à-dire, de la soude pure du commerce ou du *carbonate de soude*) et que l'autre est mêlé de *sel marin* et de *sulfate de soude*; mais qu'en combinant celui qui est pur avec l'acide sulfurique, on en faisait du véritable sulfate de soude.

J'ai déjà fait observer que les feux allumés dans les cavernes volcaniques, décomposaient une partie du sel marin et volatilisaient le surplus; les trois substances qui se trouvent réunies dans les mines de natron, me paraissent une très-forte preuve de la vérité de cette assertion.

Le même sel gemme qui se trouve à l'état solide dans de nombreuses mines, et à l'état liquide dans les sources minérales, les puits et les lacs salés, se trouve ici mélangé avec les produits de la décomposition partielle qu'il a subie dans les laboratoires volcaniques.

La soude résultante de cette décomposition a été gazéifiée, et s'est régénérée à la surface de la terre à l'état de carbonate de soude: état que la soude caustique prend toujours lorsqu'elle est exposée à l'air libre, et qu'elle aurait pu prendre d'ailleurs dans les gaz émanés des fournaises: gaz dont l'acide carbonique fait partie.

Une portion de cette même soude se trouve combinée avec l'acide sulfurique, et cette combinaison a dû également s'opérer, puisqu'il est reconnu par l'observation que le soufre est une production volcanique, et qu'une partie du soufre qui se forme dans les fournaises

volcaniques, y est brûlée et convertie en acide sulfurique.

Si le soufre qui est déjà reconnu comme ayant l'hydrogène pour un de ses principes constituans, a pour son second principe la base acidifiable de l'acide muriatique, le sulfate de soude serait composé d'hydrogène et des deux principes constituans du sel marin.

Quant à la décomposition de l'acide muriatique et à la conversion de sa base en soufre à l'aide de l'hydrogène, cette hypothèse explique, de la manière la plus satisfaisante, pour quoi le soufre se trouve être l'un des produits les plus constans et les plus abondans des fournaises sous-marines, tandis qu'il ne se dégage des soupiraux de ces mêmes fournaises qu'une quantité presqu'insensible d'acide muriatique sous la forme de muriate de chaux.

La théorie chimique admet comme un principe constant, que toutes les matières solides peuvent devenir gazeuses lorsqu'elles sont soumises à un feu assez violent; et il n'existe pas un seul chimiste qui ne soit convaincu que l'acide muriatique est composé d'oxigène, et d'une base acidifiable; que la décomposition de cet acide est une chose possible, quoiqu'elle n'ait pas été opérée jusqu'à présent; et qu'enfin l'élévation extraordinaire de la température de cet acide, jointe à la proximité des matières avec lesquelles l'oxigène a une très-grande affinité, serait un moyen puissant de parvenir à sa décomposition.

La doctrine chimique m'autorise donc à présumer qu'un feu assez violent pour produire les laves des volcans, est suffisant pour produire la volatilisation du sel que nos fourneaux ne peuvent produire et la décom-

L'or, comme tous les minéraux, se trouve ordinairement dans les filons des montagnes, et ces filons ne sont autre chose que des gerçures plus ou moins verticales, qui se sont formées dans les montagnes à demi-liquéfiées, lorsqu'elles se sont refroidies. Il en est résulté de véritables cheminées qui se sont prolongées jusqu'au noyau et qui ont dû former une continuation plus ou moins immédiate avec les fissures de la terre.

La température des montagnes se trouvant alors beaucoup plus élevée que la température des couches supérieures du noyau, les filons des montagnes qui servaient de tuyau de conduite à leurs propres vapeurs, ont dû, d'après les lois de la moindre résistance, devenir pour les vapeurs subterranées, autant de tuyaux aspirateurs; et lorsque les montagnes se sont refroidies, la condensation des vapeurs subterranées y a produit un vide qui est devenu une nouvelle cause d'aspiration.

Il n'est donc pas étonnant que toutes celles de ces vapeurs qui se sont trouvées dans la sphère d'attraction des montagnes aient été déterminées à suivre la route qui leur était tracée par les filons : route qui a été, dans le principe, et qui est encore aujourd'hui celle qui leur présente la moindre résistance.

Les minéralogistes sont eux-mêmes convaincus que les mines qui ne se trouvent point dans les filons, sont des mines accidentelles et résultantes des tremblemens de terre qui ont brisé les montagnes dans l'intérieur desquelles ces mines étaient formées.

Les mines d'or ne sont donc que le résultat de la régénération de l'un des gaz dont la réunion compose le gaz subterrané. L'or n'entre dans ce mélange que pour

une très-petite partie; et s'il paraît affectionner par préférence quelques-unes des régions de la terre, cette singularité qui n'en est point une, puisqu'elle est le caractère général de tous les minéraux, ne prouve rien autre chose sinon que les matières hétérogènes dont l'ensemble compose la masse du globe, n'ont point été brassées; que chacune de ces matières est restée après la fusion dans la place qu'elle occupait; et que le seul changement que la liquéfaction ait pu produire à cet égard, a été de rapprocher de la surface du globe liquide les métaux qui se sont trouvés à-la-fois les moins denses (1) et les moins visqueux.

---

(1) Plusieurs métaux ne sont encore connus qu'à l'état d'oxide; quelques autres ont été réduits et n'ont point été classés dans le tableau des pesanteurs spécifiques que M. Thénard établit dans l'ordre suivant : Le platine, l'or, le tungstène, le mercure, le palladium, le plomb, l'argent, le bismuth, le cobalt, l'urane, le cuivre, l'arsenic, le nickel, le fer, le molybdène, l'étaim, le zinc, le manganèse, l'antimoine, le tellure, le sodium et le potassium. On voit qu'à l'exception du platine et de l'or, les métaux les plus pesans ne sont pas les plus rares. Le plomb, beaucoup plus commun que l'argent, est plus pesant que lui, et l'on ne peut expliquer cette anomalie qu'en supposant que le plomb passe à l'état gazeux beaucoup plus facilement que l'argent; car si l'on supposait que le plomb est dominant dans le mélange métallique terrestre, la densité moyenne de la terre serait plus considérable qu'elle ne l'est en effet.

Des métaux minéralisés.

316 L'argent forme la transition entre l'or et les métaux minéralisés ; car on le trouve souvent ou à l'état natif ou faiblement minéralisé. Lorsque les gaz métalliques sont suffisamment refroidis, leurs molécules se précipitent, se réunissent entr'elles et s'incorporent avec les terres, les pierres et les métaux qui se trouvent sur leur passage ou qui se régénèrent en même temps qu'elles, et l'on peut considérer comme une loi générale, que les métaux et les minéraux s'unissent à toutes sortes de corps, quoiqu'il y en ait quelques-uns pour lesquels ils paraissent avoir une prédilection marquée.

On trouve dans quelques fouilles, des corps entièrement étrangers au règne minéral, qui ont été enfouis par des révolutions générales ou par des accidens particuliers, tels que du bois, des coquilles, des ossemens, etc. qui sont devenus de véritables minières, parce qu'ils se sont trouvés à la proximité des molécules métalliques au moment de leur régénération.

La Bourgogne a des coquilles que l'on traite avec succès dans les forges, et qui produisent de très-bon fer.

Dans beaucoup de souterrains de mines abandonnées depuis plusieurs siècles, on a trouvé de nouvelles mines qui s'étaient reproduites sur les parois des rochers à travers lesquels des galeries avaient été ouvertes.

En Allemagne, on a trouvé une incrustation de mine qui s'était formée sur un morceau de bois provenant d'une échelle, et cette incrustation a produit huit marcs d'argent au quintal.

Cronstedt a découvert dans les mines de Kungsberg en Norwège une eau qui découlait par une fente de rocher et qui avait formé une pellicule d'argent sur les parois de son canal.

Ce dernier fait est surtout remarquable ; car il n'a pu avoir eu lieu que parce que le gaz argenteux s'était régénér é dans son passage à travers l'eau, ou parce que l'argent avait été converti en un sel soluble à l'eau ; mais cette dernière explication paraît d'autant moins vraisemblable que l'argent n'a jamais été trouvé sous cette forme ni dansla mine de Kungsberg ni dans aucune autre.

Les mineurs trouvent souvent des filons qui ne contiennent plus que les débris du métal qui s'y était trouvé autrefois, et ils disent alors avec vérité qu'*ils sont arrivés trop tard.*

La forme, la couleur, et les accidens des mines varient à l'infini : il y en a d'irrégulières et de cristallisées ; les unes sont opaques et les autres transparentes. On a remarqué que certains métaux avaient entr'eux de l'affinité et qu'on les trouvait presque toujours ensemble, tels que le cuivre et le fer, le plomb et l'argent. Mais ce qui influe surtout sur les formes et les couleurs des mines, ce sont les proportions dans lesquelles se trouvent les deux principes minéralisans, c'est-à-dire, le soufre et l'arsenic.

Le soufre des mines est presque toujours réuni à l'arsenic : dans cette réunion, le soufre est à l'état de sulfure ou de soufre natif, et non pas à l'état de sulfate ou de soufre brûlé. Il ne se trouve, dans ce dernier état, qu'avec le cuivre, le fer et le zinc.

Les sulfures d'arsenic se trouvent dans les mines d'argent, de plomb, de cuivre, de cobalt, de bismuth et autres.

L'arsenic paraît être le plus volatil des métaux et celui de tous qui fournit le gaz le plus subtil et plus universellement répandu.

Le soufre, de son côté, paraît être le plus abondant et le plus subtil des gaz qui se dégagent des cavernes volcaniques.

Les gaz sulfureux et arsénieux qui ont entr'eux une affinité prédominante, et qui ont plus ou moins d'affinité avec tous les métaux à l'exception de l'or, après s'être infiltrés peu-à-peu à travers les fissures et les parois des cavernes, ont fini par occuper la totalité de l'espace qui sépare le bassin de la mer du métal terrestre; et quelle que soit la partie de la surface de la terre vers laquelle se porte le gaz subterrané et la différence qui existe dans la nature et la quantité relative des matières qui distinguent ses divers courans, les gaz arsénieux et sulfureux font presque toujours partie du mélange de ces vapeurs hétérogènes.

Mais si l'on est forcé de convenir que les deux principes minéralisans ne se trouvent dans les mines que parce qu'ils s'y sont introduits dans l'état de gaz, ne serait-ce pas multiplier les êtres sans nécessité, que de chercher une autre origine aux autres minéraux, lorsque l'on est d'ailleurs certain que les métaux, et jusqu'à l'or lui-même, se régénèrent, et viennent former de nouvelles mines sur les parois des galeries qui ont servi à les extraire?

Des bitumes.

317. J'ai dit que la putréfaction des corps marins donnait naissance à une huile végétale et animale plus pesante que l'eau, et qui, tombant dans les profondeurs de l'océan, et entraînée, par l'effet des infiltrations, dans les cavernes sous-marines, y était vaporisée par le feu central et quelquefois embrâsée.

Cette huile que j'appelle bitume *marin* ou bitume *primitif*, produit par la condensation qui suit sa vaporisation, tous les bitumes *minéraux*. Ces bitumes secondaires sont formés du mélange de plusieurs huiles plus ou moins pures et plus ou moins volatiles, qui toutes sont émanées du bitume *primitif*. La distilation ordinaire les rectifie; et lorsque le feu est modéré, on extrait, de la presque totalité des bitumes une huile dont les caractères particuliers établissent, selon moi, la ligne de démarcation qui sépare les bitumes, des résines végétales auxquelles on a attribué, jusqu'à présent, leur origine.

Le *pétrole* ou *naphte*, appelé par les anciens *huile de pierre* ou *huile de Médée*, est l'huile essentielle du bitume marin.

On trouve le pétrole dans presque tous les pays de l'Europe; on le recueille dans l'Inde, en Perse et dans l'île de Sumatra où il est connu sous le nom d'*huile de terre*. Le plus pur est celui qu'on tire d'Italie, et particulièrement du duché de Modène. Tout le Modénois en est rempli. On y creuse des puits de 80 à 100 pieds de profondeur, jusqu'à ce que l'on trouve une source huileuse.

Les puits que l'on creuse au bas des collines fournissent une grande quantité d'huile rousse ; ceux que l'on creuse au haut des collines donnent seuls de l'huile blanche ; mais cette huile est en petite quantité.

La plus célèbre des pétrolières est celle du mont Gibbius, qui fut découverte en 1640 par un médecin de Ferrare, nommé François Arioste.

On a construit dans le rocher différens canaux d'où coulent, dans de petits réservoirs, trois espèces d'huile ; l'une presqu'aussi blanche, aussi claire et aussi fluide que l'eau, dont l'odeur très-vive et très-pénétrante n'a rien de désagréable. La seconde qui est d'un jaune clair, est un peu moins fluide et d'une odeur moins pénétrante. La dernière est d'un rouge noirâtre ; elle a plus de consistance et son odeur est désagréable.

L'odeur de ces trois huiles est tellement forte, qu'on la sent à une distance de douze à quinze cents pieds de la source qui les produit.

On a reconnu dans le pétrole, et surtout dans le pétrole blanc que l'on considère, avec raison, comme le plus parfait de tous les pétroles, des propriétés médicales dont je n'ai pas à m'occuper. Ses propriétés physiques, dont je dois seulement entretenir le lecteur, ont été reconnues, notamment par les observations de Boulduc.

Il s'allume à l'approche de la flamme d'une bougie, et pour peu que le vaisseau qui le renferme soit échauffé, il suffit, pour l'enflammer, d'en approcher la flamme à la distance de plusieurs pieds ; il brûle alors dans l'eau et se consume entièrement.

Le pétrole est plus léger d'un septième que l'alcool le plus pur.

Une goutte de pétrole s'étend dans l'eau à la distance de plus d'une toise, et dans cet état il manifeste les couleurs du prisme (1).

Les acides n'enflamment pas le pétrole, mais ils se mêlent parfaitement avec lui et le rendent d'une consistance très-épaisse.

Le pétrole est blanc, jaune, roux, verd ou noirâtre, suivant les lieux qui le produisent.

Près du village de Gabian, qui n'est pas éloigné de Bèziers, il découle des fentes d'un rocher, une huile noirâtre, mêlée avec de l'eau. Cette huile est d'une consistance moyenne et d'une odeur forte et puante. L'huile qu'on retire d'une fontaine appelée *le puits de Pège*, près de Clermont en Auvergne, est de la même qualité.

On trouve en Angleterre, au-dessus de quelques mines de charbon de terre, une pierre noirâtre et poreuse que l'on broye et dont on retire, par la distillation, une espèce de pétrole qui, lorsqu'il est évaporé, prend la consistance de la poix.

On trouve également en France et en Angleterre, des pierres et des terres bitumineuses qui produisent, par distillation, un pétrole grossier.

Le bitume de Judée ou *asphalte* se rapproche davantage du véritable pétrole, du moins par ses propriétés médicales.

Lorsqu'il est desséché, il est solide, pesant, mais facile à rompre ; sa couleur est brune ; il est luisant, s'enflamme aisément, et se liquéfie au feu. On le trouve en Judée dans

(1) Les huiles végétales produisent le même effet, mais plus imparfaitement.

beaucoup d'endroits; le plus estimé est celui que l'on tire de la mer Morte, que par cette raison on a appelé *lac Asphaltide.*

Le bitume qui s'élève à la surface de ce lac, est d'abord liquide et très-visqueux; il s'épaissit peu-à-peu et devient aussi dur que la poix. Son odeur est puante et pénétrante. Les Arabes l'emploient liquide pour le goudronnage de leurs vaisseaux.

Il existe des mines d'asphalte en Suisse et en Alsace. Celle de Suisse est dans une roche calcaire qui est fusible au feu. Celle d'Alsace a été découverte par sa fontaine minérale, nommée par les Allemands *backelbroun*, ou *fontaine de poix.*

La mine d'Alsace charrie dans ses canaux souterrains, un bitume noir et une huile rouge; l'huile et le bitume montent, en bouillonnant, au-dessus de l'eau d'un bassin où ils s'étendent et produisent des couleurs prismatiques. On en retire jusqu'à dix à douze livres par jour; et cette récolte permanente ne permet pas de douter qu'il n'existe, dans l'espace qui sépare le bassin de sa source, une cause perpétuelle du renouvellement de cette substance, c'est-à-dire, un courant vaporeux que le froid et le conctact de l'eau convertissent en huile à mesure qu'il s'élève.

On trouve au fond d'une fontaine voisine un sable rougeâtre qui contient un pétrole moins noir, plus pur et plus fluide que celui de la mine. On retire par distillation, tant de ce sable que du rocher supérieur, une *huile blanche* qui a toutes les qualités du *pétrole.*

« On observe dans les mines d'Alsace, dit l'auteur de l'article *asphalte* (Diction. Encyc.), que le bitume *se renouvelle* et continue de couler dans les anciennes

galeries que l'on a remplies de sable et autres décombres, après en avoir extrait la mine ; ce bitume pousse *en montant* et non *en descendant* ; ce qui fait juger que c'est une *vapeur* de soufre que la chaleur centrale *pousse en haut*».

On trouve dans les monts Cérauniens d'Apollonie un bitume naturel et solide, qui est d'une nature moyenne entre la poix et l'asphalte, et qu'on appelle *pissaphalte*.

L'*ambre* ou *succin*, le *jais* ou *jayet*, la *houille* appelée tantôt *charbon de terre*, tantôt *charbon de pierre*, sont des bitumes plus ou moins purs.

L'*ambre* n'est, selon moi, que du pétrole rendu concret par son mélange avec un acide.

Il produit à la distillation :

1.° Une eau sur laquelle surnage une *huile* qui a à-peu-près tous les caractères du *pétrole blanc*, puisqu'elle est limpide, d'une odeur forte, insoluble dans l'alcohol, et qu'on l'emploie en médecine.

2.° Une huile moins fluide et *noirâtre*, que l'on rend *blanche* par rectification.

3.° Un *acide* dont les chimistes n'ont pu déterminer la nature (1) ; mais qu'ils ont reconnu n'être ni de l'acide *sulfurique*, ni de l'acide *muriatique*, ni de la nature des acides *végétaux*.

---

(1) Cet acide, qui est à l'état *concret*, et qui dès lors, d'après les chimistes, ne peut être considéré comme un acide pur, a reçu dans la nomenclature moderne le nom spécial d'acide *succinite*.

4.° Enfin, un peu de *sel marin* et quelques parcelles de *fer*.

L'ambre est une substance résineuse, dure et cassante, d'un jaune plus ou moins foncé qui, en brûlant, répand une odeur agréable.

On le trouve dans les mers dont les volcans sous-marins élèvent la température, telles que les mers de la Chine; ou dans les mers voisines des grands volcans, telles que la Méditerranée près des côtes de la Sicile; ou enfin dans les mers qui, par leur aspect huileux, décèlent une abondance extraordinaire de bitume.

C'est surtout après les tempêtes que l'on pêche l'ambre, ou qu'on le ramasse sur le rivage, parce que les tempêtes sont favorables à la combustion de l'hydrogène phosphoré qui est toujours mêlé avec la partie du bitume qui s'élève à la surface de la mer.

Il est prouvé par l'observation, qu'il existe un acide dans l'eau de mer puisée à sa surface. La quantité de cet acide qui probablement est l'acide phosphoreux, doit être proportionnelle à la quantité d'hydrogène phosphoré qui a été brûlée; et l'on conçoit dès lors la raison pour laquelle ce n'est qu'après une tempête survenue sur une mer huileuse, que l'acide et l'huile peuvent se trouver réunis en quantité suffisante pour opérer la formation de l'ambre.

L'ambre ne durcit que peu-à-peu; il se trouve d'abord dans un état de mollesse; et s'il arrive que la mer le jette sur le rivage, avant qu'il ait acquis une consistance suffisante, il doit recevoir et conserver l'impression des corps étrangers qui le choquent (ce qui est conforme à l'observation). Semblable alors à de la glu, il doit retenir les

insectes et tous les autres corps légers qui s'y attachent ou s'y incorporent par l'effet du mouvement des vagues; (ce qui est encore conforme à l'observation).

On trouve aussi, dans le sein de la terre, et notamment en Saxe et en Prusse, dans le voisinage de la Baltique, de l'ambre entièrement semblable à celui que l'on pêche dans la mer. Il y a lieu de croire que cet ambre a été abandonné par la mer, à l'époque où son niveau était plus élevé.

Il ne serait pas, au surplus, impossible qu'il se formât de l'ambre dans la terre, car il y existe du pétrole à l'état de gaz : ce pétrole a pu s'y régénérer à la proximité d'un acide; et l'observation a prouvé que tous les acides ont la propriété de détruire la fluidité du pétrole.

Mais puisque les chimistes ont reconnu que l'acide de l'ambre n'était ni sulfurique, ni muriatique, ni végétal, et que la formation de l'acide succinite, dans les profondeurs de la terre, est un phénomène peu vraisemblable, il faut en revenir à la première explication et considérer l'ambre fossile comme un produit maritime, avec d'autant plus de raison, que l'analise y a fait découvrir du *sel marin*, et que cette substance ne s'y serait pas trouvée, si, comme on le prétend, la mer enlevait l'ambre en creusant les falaises des côtes.

La présence d'un peu de *fer* dans l'ambre semblerait favoriser l'opinion contraire; mais, d'après la théorie que j'ai établie, cette circonstance est facile à expliquer; car s'il est vrai, comme tout le porte à croire, qu'il existe un gaz subterrané qui s'élève sans cesse à travers la mer, et que ce gaz qui doit contenir beaucoup de gaz ferrugineux,

puisque le fer est un des métaux les plus abondans, ne puisse faire le trajet que je suppose, sans se régénérer, il doit se trouver, au fond de la mer, beaucoup de parcelles de fer, et ces parcelles doivent surtout être receuillies par la plus visqueuse des substances.

Je dois d'ailleurs faire observer que les corps marins, végétaux ou animaux, contiennent tous du fer, et que ce fer doit se retrouver dans le bitume qui résulte de la putréfaction de ces corps.

Le fer que contient le bitume marin contribue à augmenter sa densité relative; et comme il tombe, en même temps que le bitume et l'eau, dans les cavernes sous-marines, il doit contribuer aussi à augmenter l'incendie des fournaises volcaniques.

Mais il ne se trouve plus de fer, ou il ne s'en trouve qu'une quantité insensible dans les vapeurs bitumineuses, dont la régénération produit le pétrole, et même dans les huiles plus grossières qui produisent l'asphalte. Et telle est, selon moi, la cause pour laquelle le bitume minéral est plus léger que le bitume marin.

Quelques auteurs ont donné au *jayet* la qualification de *succin noir*, et il y a, en effet, beaucoup d'analogie entre ces deux substances; car le jayet et l'ambre fossile se trouvent l'un et l'autre dans des terres sulfureuses et qui quelquefois se sont embrâsées spontanément, ainsi que les mines de houille qui sont un mélange de bitume avec des matières étrangères.

Le *jais* ou *jayet* est une substance d'un noir luisant, opaque, sèche et qui a presque la dureté d'une pierre; elle prend un poli aussi vif qu'une agathe; elle est com-

bustible et répand une fumée épaisse accompagnée d'une odeur semblable à celle du charbon de terre dont elle ne diffère que parce qu'elle est plus légère, qu'elle s'allume plus promptement, et que quand elle est brûlée, il y a moins de cendres dans le résidu.

On trouve, en Angleterre, une espèce de houille, appelée *kennes coul*, qui prend un poli assez beau pour pouvoir imiter le jais; et comme d'un autre côté, on trouve quelquefois du *jais blanc*, le jais me paraît devoir être considéré comme formant l'intermédiaire entre la houille et l'ambre fossile.

Les produits chimiques du jais ne diffèrent pas beaucoup de ceux de l'ambre, car ils donnent un *acide* et une *huile* empyreumatique qui devient de plus en plus noire et épaisse.

Le jais est toujours entouré d'une terre argilleuse et noirâtre, qui paraît nécessaire ou au moins favorable à sa formation.

Le jais se trouve toujours au-dessus et jamais en dessous des mines de charbon de terre, parce qu'il est composé d'un bitume moins grossier.

M. de Saussure a remarqué, dans son *voyage dans les Alpes*, que la découverte d'une source de pétrole, était une indication presqu'infaillible de la proximité d'une mine de houille; remarque qui complette la preuve qu'en effet tous les bitumes proviennent de la même source.

Le *charbon de terre* analisé par Hoffman, a donné :

1.° Un phlegme, c'est-à-dire, de l'eau.

2.° Un esprit acide sulfureux.

3.° Une *huile tenue*, parfaitement semblable au *naphte*.

3.° Une huile plus grossière et plus pesante que la précédente.

5.° En poussant le feu, il s'attache au col de la cornue un *sel acide de la nature de celui qu'on tire du succin.*

6.° Enfin, il reste, après la distillation, une terre noire, c'est-à-dire, une terre qui contient, outre la terre qui a servi de matrice au bitume, une certaine quantité de carbone, substance qui est un des principes du bitume.

Il résulte donc évidemment de l'analise chimique du charbon de terre et de tous les autres bitumes minéraux, qu'il existe entr'eux non-seulement de l'analogie, mais qu'ils sont tous de même nature.

Si la vapeur qui s'exhale du bitume marin et qui, après avoir traversé la croûte de la terre, se régénère à une certaine distance de sa surface, conserve sa forme liquide, le bitume se présente sous forme de naphte ou pétrole, et il parcourt, sous cette forme, toutes les nuances de fluidité et de pureté, depuis le pétrole blanc de Modène jusqu'au bitume de Judée. Mais si la survenance d'un acide a rendu le bitume concret, il parcourt alors toutes les nuances depuis l'ambre le plus pur jusqu'au pissaphalte des monts Céraunïens.

Dans ces différens états, la vapeur bitumineuse est presque toujours accompagnée d'une vapeur sulfureuse qui se régénère en même temps, et qui se manifeste ou en soufre natif ou sous forme d'acide.

Toutes les mines, soit bitumineuses, soit sulfureuses, soit métalliques, ont une température plus élevée que la

température moyenne de la terre : chaleur qui me paraît devoir être attribuée uniquement au passage perpétuel des vapeurs qui suivent la route tracée par les vapeurs de même nature, dont la réduction partielle a formé la mine.

Ces vapeurs plus ou moins dangereuses sont surtout remarquables dans les mines de houille.

L'acide carbonique y séjourne quelquefois, et on le reconnaît par la propriété qu'il a d'éteindre la lumière lorsqu'il est abondant, et de l'affaiblir lorsqu'il est en petite quantité.

L'hydrogène s'y manifeste aussi de temps en temps, et sa légèreté est cause qu'il s'élève rapidement et produit un sifflement.

Il est ordinairement mélangé avec le gaz bitumineux : gaz reconnaissable par son extrême viscosité qui lui donne l'apparence des fils d'araignée que l'on voit dans l'air pendant l'automne.

Ces fils restent attachés par un de leurs bouts aux bords de la fente par laquelle les deux gaz se sont introduits en même temps, et leur autre bout flotte dans l'intérieur de la mine : ils ont la propriété de s'embrâser avec la même facilité que le pétrole, c'est-à-dire, sans contact immédiat avec la flamme, et leur embrâsement allume l'hydrogène qui brûle avec détonation, parce qu'il se trouve alors près de la voûte et mélangé avec l'air atmosphérique.

Lorsque la vapeur bitumineuse n'est pas accompagnée d'hydrogène, elle s'enflamme sans produire aucun bruit ; mais si les vapeurs bitumineuses se trouvent alors abondamment répandues dans la mine, il s'y manifeste une

flamme très-active qui a souvent été funeste aux ouvriers.

S'il y a eu interruption de travail, ne fût-ce que pendant un jour, on ne descend dans la mine qu'après y avoir fait descendre un ouvrier qui se couche à terre, place une chandelle au bout d'une longue perche, et l'approchant de l'endroit d'où sort ordinairement la vapeur, provoque par ce moyen, sans aucun danger, une détonation qui renouvelle et purifie l'air.

On ignorait encore ce que c'était que l'hydrogène, lorsque le chevalier Lowter, ayant fait percer, dans un puits destiné à l'exploitation d'une mine de houille, un lit de pierres rempli de crevasses dont les bords étaient garnis de soufre, il en sortit d'abord une petite quantité d'eau, et à travers cette eau, un air infect qui passa en bouillonnant à travers l'eau : cet air fit un bruit et un sifflement qui surprirent les ouvriers. Ils en approchèrent une lumière ; la vapeur s'alluma sur-le-champ et brûla pendant long-temps à la surface de l'eau. Le chevalier Lowter remplit de cet air une vessie de bœuf, et l'envoya à la société royale de Londres. On adapta un petit tuyau de pipe à l'ouverture de la vessie, et en la pressant doucement, pour faire passer la vapeur à travers la flamme d'une bougie, elle s'enflamma et continua à brûler tant qu'il resta du gaz dans la vessie.

Maude, membre de cette compagnie, produisit artificiellement, peu de temps après, une vapeur semblable, en mêlant dans un vase deux dragmes d'huile de vitriol, huit dragmes d'eau et deux dragmes de limaille de fer. (*Transactions philosophiques*, n.° 442, pag. 282.) Il résulte de cette expérience que c'est à Maude, et non pas à Priestley, qu'est due la découverte de l'hydrogène.

Les indications qui servent à faire découvrir une mine de charbon de terre, sont les vapeurs sulfureuses et bitumineuses qui s'échappent à travers la terre, et une odeur semblable à celle du charbon de terre que répandent, en brûlant, les racines des plantes qui croissent sur le terrein d'où ces vapeurs s'exhalent.

Les mines de charbon de terre se trouvent ordinairement par couches plus ou moins inclinées; il s'en trouve qui sont presque verticales; quelques-unes ont jusqu'à 45 pieds d'épaisseur. Ces couches sont entre des lits de pierres de diverse nature, et quelquefois une mine très-riche se trouve brusquement interrompue par l'interposition d'un rocher.

Il existe autant d'espèces de charbon de terre qu'il existe de mines; ce qui prouve que toutes sortes de matières deviennent propres à se convertir en houille, lorsque le bitume s'y accumule. On distingue cependant deux espèces de houille, savoir : la houille grasse qui est dure et compacte, et la houille sèche, friable et pulvérulente. On donne à la première de ces mines le nom de charbon de *pierre*, et à l'autre le nom de charbon de *terre;* mais dans la plupart des pays cette distinction est inconnue, et toute espèce de houille porte le nom de charbon de terre.

Schultz rapporte que près de la ville d'Altorff, en Franconie, on a trouvé de la houille dans l'intérieur d'un grès très-dur. Cette formation extraordinaire n'a pu avoir lieu que parce que le gaz bitumineux s'était régénéré dans le sable, et que le sable s'est converti en grès postérieurement à la formation de la houille.

Stelder rapporte qu'on a trouvé en Franconie, près de

Grunsbourg, une espèce de charbon de terre qui était composé de fibres ou filamens parallèles les uns aux autres, comme ceux du *bois*.

Un autre auteur allemand dit qu'on a trouvé, dans le duché de Wirtemberg, un charbon fossile qui, d'après l'arrangement de ses fibres, paraissait devoir son origine à du *bois de hêtre*.

On a trouvé dans le comté de Nassau, un *bois résineux* semblable au gayac, et dont les analogues ne se trouvent pas dans notre continent. Plus on enfonce en terre, plus on trouve ce bois décomposé, c'est-à-dire, friable, feuilleté et d'une consistance terreuse; et au-dessous de ce *bois décomposé*, on trouve un vrai *charbon de terre*.

On a trouvé dans d'autres parties de l'Allemagne de ce même *bois fossile* dont les couches sont inclinées, et que l'on suppose destiné à se convertir un jour en *charbon de terre*.

Ces faits particuliers qui corroborent les preuves physiques du déluge universel et du refroidissement rapide qui a suivi cette époque, ont été généralisés par quelques physiciens qui en ont conclu que le bitume de l'ambre, du pétrole, de l'asphalte, du jayet et de la houille n'était autre chose qu'une modification de la résine produite par la décomposition des végétaux.

Mais le *hêtre* n'est pas un bois résineux, et jamais *bois fossile* n'a pu se trouver renfermé dans des *pierres de grès*. J'admets que le hêtre se soit converti en houille, puisqu'on assure que les filamens de la houille sont restés dans la même disposition que ceux du hêtre. Mais cette preuve qui existe aujourd'hui, existera encore dans mille

ans. Les autres bois qui ont été convertis en houille doivent donc conserver éternellement la trace de leur origine végétale ; et c'est précisément parce que cette trace est ineffaçable, que je me crois fondé à conclure que toute la houille en pierre, dont la cassure ne manifeste pas une origine végétale, c'est-à-dire, la presqu'universalité de la houille qui existe, n'a point une origine végétale. Le bitume répandu dans l'immensité des mers et qui en rend les eaux visqueuses, amères et phosphorescentes, n'est certainement pas une modification de la petite quantité de goudron qu'ont pu fournir les bois résineux que le déluge a rendus accidentellement fossiles ; et ce serait faire une offense à la raison que de supposer que sous le bassin de la mer Morte, il existe des sapins fossiles qui fournissent, depuis trois mille ans, l'asphalte dont cette mer est toujours couverte, quoique les habitans ayent grand soin de l'enlever à mesure qu'il s'élève à la surface des eaux.

Mais si c'est au fond des mers que le bitume se forme par une putréfaction qui doit nécessairement exister, puisque la mer nourrit des animaux et des plantes ; si le sel marin est également un produit de cette putréfaction, comme tout porte à le présumer ; si la diminution du niveau de l'océan, prouvée par des milliers de monumens, est mise au nombre des vérités physiques ; si la mer en s'infiltrant à travers les voûtes qui portent son bassin, verse perpétuellement, dans les cavernes de la terre, du sel et du bitume que les fournaises volcaniques et le feu central embrâsent ou volatilisent ; et si enfin le feu central, dont l'existence est indubitable, exhale encore aujourd'hui les mêmes gaz métalliques qui formèrent l'atmo-

sphère primitive, le renouvellement continu des bitumes, des sels et de tous les minéraux, n'est plus qu'un effet accidentel de la grande circulation qui entretient à la surface de la terre la température convenable à la conservation des êtres organiques.

Des pierres précieuses.

318. J'ai expliqué (110) l'une des manières dont avait pu s'opérer la cristallisation du carbone; mais la nature a pu arriver au même but par une voie plus simple.

Il y a tout lieu de présumer qu'il se trouve du carbone au nombre des matières hétérogènes dont se compose la portion liquéfiée du globe terrestre; et il est d'ailleurs certain que le carbone est un des principes constituans du bitume.

L'acide carbonique qui se combine avec les eaux minérales, et celui qui remplit quelquefois les mines et spécialement celles de houille, prouvent qu'une partie du carbone renfermé dans les fournaises sous-marines, y subit une combustion complète.

Mais comme il est également certain que, dans les fournaises volcaniques, il ne se trouve pas une quantité d'oxigène proportionnelle à la quantité des matières combustibles, et que quelques-unes de ces matières, telles que l'hydrogène, le soufre et le bitume, sortent des volcans sans avoir subi la combustion, il est naturel de penser qu'une partie du carbone est également sublimée, et que le gaz carboneux fait partie des gaz subterranés.

Le gaz carboneux en filtrant à travers la terre doit, comme les autres gaz réductibles, se régénérer par le re-

froidissement ; et si les mines d'autracite (charbon minéral) ne conservent aucune trace de l'origine végétale qu'on leur suppose, je n'hésite pas à croire que, semblables à toutes les autres mines, elles sont le résultat de la réduction du gaz qui contenait leur principe à l'état natif.

Mais comme le plus grand nombre des gaz subterranés forme des cristaux réguliers, dans les circonstances qui se trouvent favorables à une régénération lente, si le gaz carboneux s'est trouvé dans l'une de ces circonstances, sa réduction aura produit un diamant. Le diamant aura été blanc, si le gaz carboneux ne s'est pas trouvé mélangé avec un gaz métallique. Dans le cas contraire, le diamant aura été plus ou moins coloré.

Le saphir, qui est une cristallisation d'alumine, aura été formé par la régénération lente du gaz alumineux, dans son état de pureté.

D'autres gaz mélangés dans des proportions convenables auront, dans les mêmes circonstances, donné naissance aux diverses gemmes.

Il en aura été de même d'autres cristallisations moins précieuses, telles que celles de la silice et du carbonate calcaire, quoique quelques-unes de ces dernières cristallisations aient pu se former à la suite d'une réduction primitive de leur gaz constituant dans l'eau ; car, puisque la nature nous présente des marbres peu différens entre eux, dont les uns ont été formés par l'eau et les autres par le feu, pourquoi n'aurait-elle pas pu produire des cristaux de même nature, tantôt avec l'intermédiaire de l'eau, et tantôt sans cet intermédiaire.

Le globe terrestre est un alambic dont le réfrigérent

est une croûte perméable : cette croûte a une épaisseur plus ou moins grande, et sa température généralement décroissante du centre à la circonférence, est peu variable. Les matières distillées sont réductibles à divers degrés de température; elles sont mélangées entr'elles en diverses proportions ; quelques-unes se combinent, d'autres se dissolvent ; et comme elles s'écoulent par une infinité de passages à travers des corps homogènes ou hétérogènes, et dont la dureté et la propriété conductrice du calorique sont variables, il doit nécessairement se trouver des différences constantes ou accidentelles dans le degré de réductibilité des différens gaz (1).

Une localité propre à la formation d'une mine de

---

(1) Dans le nombre des gaz dont le mélange forme le gaz subterrané, il en est d'irréductibles à toutes les températures connues, tels que l'hydrogène, l'acide carbonique, et d'autres peut-être qui nous sont inconnus. Mais parmi les métaux réductibles, il y a lieu de présumer que le moins réductible de tous est le gaz siliceux ; car une partie de ce gaz traverse la terre et s'élève dans les hautes régions de l'air où il ne se réduit que dans les circonstances rares où les aérolithes et les globes de feu se forment.

Quelques voyageurs assurent que l'on a trouvé des masses de cristal de roche, très-considérables, dans certains pays chauds, tels que les îles de Madagascar et de Sumatra. Mais il y a lieu de croire que ce cristal n'est point aussi parfait que le nôtre, et que la réduction du gaz siliceux qui l'a produit aura été provoquée par son mélange avec quelque autre gaz plus facilement réductible.

Ce qu'il y a de certain, c'est que la Suisse est la seule

rubis ou d'une mine d'argent, ne conviendra pas à la formation d'une mine d'émeraude ou d'une mine d'étain.

Mais lorsqu'une fois les gaz subterranés, convenables à la formation d'une mine d'une espèce particulière, auront rencontré, dans une certaine localité, les circonstances convenables à leur réduction, ils continueront éternellement à y affluer.

Il est inutile de chercher la raison pour laquelle la vapeur ascendante a choisi pour s'écouler l'un des vingt filons que la même montagne lui présentait, car il fallait nécessairement qu'elle en choisît un; et puisqu'il est démontré par l'expérience que lorsqu'un tuyau a un diamètre suffisant pour l'écoulement de la fumée, la fumée

---

région de l'Europe dans laquelle on trouve cette production précieuse, qui serait plus précieuse encore si elle était moins abondante et si l'art ne l'avait pas imitée.

Les cristallières s'y trouvent dans les montagnes siliceuses, et particulièrement dans les plus élevées. Le cristal y est formé dans les cavités de certaines grosses roches bosselées. On reconnaît au son qu'elles rendent sous le marteau si elles sont caverneuses, et ce n'est que dans ce cas que l'on se détermine à les ouvrir.

Scheuchrer assure qu'il s'est trouvé dans les cristallières du St.-Gothard des morceaux qui pesaient jusqu'à 250 livres; et ce savant naturaliste a observé que plus le lieu d'où l'on tirait le cristal de roche était élevé, plus le cristal était pur; observation qui confirme ma conjecture sur la moindre réductibilité du gaz siliceux.

Le cristal de roche n'est pas toujours blanc; il y en a de rouge, de bleu, de verd, de brun, de noir, etc.; ce qui

ne passe pas par deux tuyaux à-la-fois, et qu'elle n'abandonne jamais, sans la survenance d'une cause extraordinaire, la route qu'elle a choisie dans le principe; la perpétuité des mines qui se sont formées, et l'homogénéité approximative des matières qu'on en extrait, n'ont plus rien qui doive nous étonner.

Des aérostats..

319 La plus magnifique et la plus inattendue de toutes les découvertes a été celle des aérostats. Les vapeurs fugitives ont été emprisonnées par le génie, et il s'est élevé avec elles dans la région des météores.

---

prouve que le gaz siliceux se trouve quelquefois mélangé avec un autre gaz métallique qui, dans ce cas, se réduit en même temps que lui. Cette analogie entre la coloration du cristal de roche et celle des pierres gemmes indique une identité dans la cause qui a produit ces deux espèces de cristallisations; et l'intervention de l'eau, qui est au moins inutile pour expliquer la régénération d'une matière dissoute dans le calorique et que le calorique abandonne, rendrait le phénomène de la coloration des cristaux beaucoup plus difficile à comprendre.

J'ai d'ailleurs déjà fait observer, dans le chapitre relatif à la cristallisation des corps (tome premier), que l'on trouvait quelquefois dans le cristal de roche, de l'eau liquide, et qu'il était impossible qu'une matière soluble dans l'eau et cristallisée par l'effet de l'évaporation de l'eau, pût contenir de l'eau à l'état liquide.

S'il eût été possible à la mécanique d'imiter les mouvemens des oiseaux, Blanchard y serait parvenu : ouvrier industrieux, brave jusqu'à la témérité, mince, petit et robuste, il réunissait les conditions les plus favorables à l'exécution de cette entreprise. La machine qu'il avait construite était d'une extrême légèreté et d'une solidité suffisante ; ses quatre ailes, dont deux frappaient l'air, tandis que les deux autres s'élevaient, étaient mues par les pieds et les mains. Assis dans sa nacelle, il agissait à-la-fois avec la force de tous ses muscles ; mais ses efforts furent vains, et il lui fut impossible de quitter la terre.

Le *vaisseau volant*, dont tout Paris s'occupa en 1780, devint pour les esprits méditatifs une occasion d'examiner la question de savoir si la physique ne pourrait pas fournir à l'homme un moyen que la mécanique lui refusait.

Lana en avait conçu l'idée vers le commencement du siècle ; l'appareil qu'il proposait eût été composé de quatre globes de cuivre mince, d'un volume suffisant, et dans l'intérieur desquels on aurait fait le vide.

Mais il lui fut objecté avec raison qu'il était presque impossible d'aspirer l'air renfermé dans une très-grande capacité, et que, quand on y parviendrait, le poids de l'atmosphère écraserait infailliblement un balon de cuivre mince (1).

---

(1) Le globe aérostatique de Lana est inexécutable à cause de l'énormité de la dépense, mais il n'est pas impossible il faudrait seulement substituer au cuivre laminé le cuivre fondu, à l'aide duquel on parviendrait à construire, pièce à

Maude avait découvert qu'il se dégageait d'un mélange d'acide sulfurique d'eau et de fer, un air très-inflammable; et Priestley avait reconnu que cet air, auquel on a donné depuis le nom d'hydrogène, était beaucoup plus léger que l'air atmosphérique. M. Charles avait répété dans ses cours les expériences de Priestley, et l'on y avait vu des bulles de savon soufflées avec de l'hydrogène monter rapidement vers le plafond; le maître et les élèves étaient bien convaincus dès lors que pour élever des fardeaux dans l'air, il ne s'agirait que de pouvoir renfermer dans une enveloppe légère, solide et imperméable, une suffisante quantité de cet air. M. Charles s'occupait, dit-on, des moyens de réaliser cette idée,

---

pièce, une sphère régulière qui, formant une voûte solide, résisterait à la pression de l'atmosphère. Pour parvenir ensuite à faire le vide dans cet énorme récipient, il suffirait que l'échafaudage sur lequel on l'aurait construit fût placé à trente-deux pieds au-dessus du niveau d'une rivière. Cette rivière ferait jouer une pompe qui porterait jusqu'au sommet du globe l'eau dont on le remplirait entièrement. On aurait soudé à la partie inférieure un bout de tuyau fermant à robinet, et qui se visserait sur un tuyau de *trente-deux pieds* dont l'extrémité plongerait dans la rivière. Lorsque le globe serait rempli et hermétiquement fermé, on ouvrirait le robinet. La totalité de l'eau du globe s'écoulerait et le tuyau seul resterait plein. On le dévisserait après avoir fermé le robinet. L'ascension aurait lieu alors si le globe avait un diamètre suffisant; et il resterait éternellement flottant dans l'atmosphère.

lorsque MM. de Montgolfier, propriétaires de la Manufacture de papiers d'Annonay, arrivèrent par une voie beaucoup plus simple à la solution du problème.

L'un d'eux, en observant les nuages, avait eu l'idée aussi grande que simple de renfermer dans une enveloppe légère un nuage artificiel, et d'en élever la température au degré convenable, pour que sa légèreté spécifique lui permît d'emporter avec lui son enveloppe.

L'expérience fut faite en 1782.

MM. de Montgolfier firent brûler de la laine avec de la paille. Le nuage, à mesure qu'il se formait, était reçu au fond d'un grand sac de toile doublé de papier; le fond de ce sac, suspendu d'abord mécaniquement, fut bientôt soutenu par l'expansion de la vapeur. Le ballon, dont la circonférence était de cent dix pieds, se développa de lui-même, et lorsqu'on le lâcha, il s'éleva à environ mille toises.

Le roi Louis XVI fit répéter l'expérience en sa présence, et MM. de Montgolfier ayant construit, à Paris, un aérostat assez grand pour porter deux hommes, Pilatre-Desrosiers et le marquis d'Arlandes osèrent se confier à cette périlleuse voiture à laquelle étaient suspendus un très-grand réchaud et la galerie circulaire qui devait les porter.

La nouvelle Mongolfière, gonflée au Château de la Muette, fut abandonnée dans l'espace; elle resta en l'air pendant 17 minutes, et tomba sans accident dans la plaine de Montrouge, à 4000 toises de son point de départ.

Ce petit voyage des deux premiers aéronautes sera éternellement célèbre dans l'histoire de l'audace humaine. Des ouvertures avaient été pratiquées tout autour

du cylindre de papier qui renfermait la flamme. Obligés de former le contre-poids, Pilatre et d'Arlandes étaient privés de la satisfaction de se voir ; ils avaient ôté leurs habits ; leurs bras étaient nus jusqu'au-dessus des épaules, et ils étaient perpétuellement occupés à entretenir le feu qui les soutenait alors, mais qui devait bientôt devenir funeste à l'un d'eux : on les entendait s'interroger et se répondre par des cris d'autant plus allarmans, que l'éloignement les affaiblissait davantage. Et pendant que la machine se balançait et qu'il en sortait des nuages de fumée, armés l'un et l'autre d'un ringard, ils soulevaient la paille pour en activer la combustion ; ils fourgonnaient et faisaient pleuvoir des fumerons à demi-brûlés qui, dans leur chute, s'embrâsaient une seconde fois. Jamais silence plus profond ne régna sur la terre : l'admiration, la terreur et la pitié étaient peintes sur tous les visages ; les aéronautes s'éloignaient ; la rivière n'était plus au-dessous d'eux. On les vit se reposer pendant quelques secondes ; la Mongolfière baissa ; elle disparut ; et après une attente de deux heures, l'on apprit enfin qu'ils étaient encore, l'un et l'autre, au nombre des vivans : *illis robur et æs triplex circà pectus erat.....*

Cependant, M. Charles préparait avec une sage lenteur le succès d'une invention analogue, mais non pas semblable à celle de MM. de Montgolfier. La nouvelle méthode d'aérostation n'était pas exempte de dangers ; mais M. Charles avait su les prévoir, en diminuer les chances et les soumettre au calcul. Pilatre et d'Arlandes n'avaient pu, sans témérité, se confier à la machine de MM. de Montgolfier, et cette témérité était blâmable, puisque le naufrage très-probable auquel s'exposèrent les deux pre-

miers aéronautes, eût infailliblement reculé les progrès d'une découverte intéressante, en déterminant l'autorité à interdire à l'avenir tous les essais de ce genre; mais pour se confier à la machine de M. Charles, il n'est besoin que de la dose de courage que tout homme doit avoir. Blanchard est mort dans son lit après plus de soixante ascensions, et des femmes ont vieilli dans la profession d'aéronaute. Il n'a fallu que du génie pour trouver la *Mongolfière*; mais pour construire la *Charlienne*, il a fallu de plus un talent que son auteur possède éminemment, celui de savoir préparer les expériences les plus délicates avec assez d'adresse ou de soin pour qu'elles ne manquent jamais en présence du public.

En rendant à MM. de Montgolfier un hommage éclatant, le Public s'était montré juste; mais son ingratitude envers M. Charles a été inutile à la gloire de MM. de Montgolfier. Le ballon d'essai que M. Charles fit partir au Champ-de-Mars peu de temps après l'expérience d'Annonay, avait été accueilli par des pamphlets et des caricatures; mais l'attaque à laquelle il dut être le plus sensible, fut celle de quelques envieux qui, sous le masque de l'amitié, exagérèrent aux yeux de l'autorité le danger auquel il s'exposait; et peu de personnes ont su, qu'au moment même où devait avoir lieu la mémorable expérience des Tuileries, M. Charles avait reçu l'ordre de ne pas partir. Cet ordre ne lui laissait que l'alternative d'une désobéissance répréhensible ou d'une obéissance déshonorante par le soupçon de lâcheté qui en serait résulté. Le premier de ces deux partis fut celui qu'il adopta : accompagné de M. Robert, qui lui avait été d'une grande utilité dans ses travaux, il entra dans la

nacelle, où il avait d'avance fait porter des instrumens de physique. On le vit alors, tenant à la main un poids de dix livres, adresser la parole à ses anciens élèves et aux spectateurs qui l'entouraient : « Ce poids, leur dit-il avec sang-froid, est le seul lien qui me retienne encore sur la terre ». Il le lâcha, la machine s'éleva avec lenteur, et il se vit obligé de jeter un peu de sable pour éviter la rencontre des arbres.

Il avait promis à quelques astronomes de se maintenir à la hauteur de trois cents toises ; il leur tint parole, et les angles observés se trouvèrent à-peu-près conformes aux observations barométriques.

MM. Charles et Robert s'élevèrent à une plus grande hauteur lorsqu'ils furent hors de vue, et parcoururent ainsi un espace de neuf lieues; ils ouvrirent ensuite une soupape qui leur permettait de perdre du gaz à volonté, et ils descendirent dans une plaine peu éloignée de Pontoise. Le soleil était couché, M. Charles voulut le voir se lever et se coucher deux fois dans la même journée ; il repartit seul en présence d'un petit nombre de témoins, et s'éleva très-rapidement jusqu'à la hauteur de 1700 toises, d'où il redescendit avec la même sécurité que la première fois.

MM. de Montgolfier se piquèrent d'émulation et construisirent, à Lyon, un aérostat plus grand que les précédens ; sa hauteur était de cent pieds, et son diamètre d'environ soixante-dix : il enleva quatre hommes avec beaucoup de lest, et le total du poids déplacé, y compris celui de l'enveloppe qui était très-lourde, fut de dix-huit milliers.

Cette grande expérience a été la dernière de ce genre.

Je me rappelle seulement d'avoir lu dans les papiers publics, qu'un spéculateur qui s'était enlevé dans une Mongolfière, avait couru le plus grand danger.

Les aérostats à flamme ne sont plus aujourd'hui que le jouet des écoliers, et les aérostats à hydrogène, quoique beaucoup plus dispendieux, ont été les seuls dont on ait fait usage ; il ont porté chez l'étranger la gloire dn nom français ; ils ont concouru à celle de nos armées ; ils sont devenus l'ornement de nos fêtes. La science leur doit et leur devra par la suite d'utiles découvertes. Mais ce que cette machine présente, selon moi, de plus étonnant, c'est qu'elle n'a pas été tâtonnée, et qu'elle est sortie des mains de son inventeur (1) dans le même état de perfection qu'elle présente aujourd'hui : perfection qu'il serait difficile de contester, puisqu'on compte déjà plus de trois cents ascensions sans qu'il y ait eu un seul naufrage.

Le déplorable événement dont Pilatre-Desrosiers fut la victime ne peut être attribué ni à la machine de M. Charles, ni à celle de MM. de Montgolfier. Enthousiaste des sciences qu'il cultivait avec succès, le premier des aéronautes était le plus imprudent des hommes. A peine l'hydrogène était-il connu en France, qu'il avait osé en remplir ses poumons et

---

(1) En donnant à M. Charles un titre que ses contemporains lui ont refusé, je ne fais qu'anticiper sur le jugement de la postérité. Plus d'un lecteur conclura de ce chapitre, qu'il existe entre M. Charles et moi une grande intimité ; il est très-vrai cependant que je ne le connais que pour avoir suivi ses cours, et que depuis 1793 je n'ai eu avec lui aucune relation.

l'allumer au sortir de ses lèvres. Descartes s'était couvert de gloire en réunissant l'algèbre à la géométrie ; Pilatre crut pouvoir s'immortaliser en réunissant les procédés des deux inventeurs de l'aérostation. La nouvelle machine construite à Boulogne était destinée à le conduire en Angleterre, et ce ne fut pas sans le plus vif chagrin qu'il se vit devancé par Blanchard qui fit la traversée de Douvres à Boulogne, beaucoup plus facile et beaucoup moins dangereuse que celle de Boulogne à Douvres. Il fallait à Pilatre-Desrosiers un vent de sud-est ; il l'attendait inutilement depuis plusieurs mois ; il arriva enfin ; mais au moment de partir, il s'aperçut d'une avarie qui nécessitait une réparation. On se hâta de la faire ; mais lorsqu'elle fut faite, le vent était changé. Pilatre-Desrosiers avait des ennemis ; ils imputèrent à lâcheté un retard indispensable. Abreuvé de contrariétés et provoqué par une lettre sévère que lui écrivit le ministre, il se dévoua en quelque sorte à la mort, en partant par un vent variable et qui ne tarda pas à devenir contraire. Il voulut alors s'élever dans les hautes régions, pour y trouver, s'il était possible, un courant plus favorable. Le système de construction de la machine rendait cette manœuvre facile : elle était composée d'une grande Charlienne qui n'était qu'à moitié remplie d'hydrogène, et qui avait cependant assez de force ascensionnelle pour porter un cylindre de toile de cinquante pieds de longueur, au bas duquel était la nacelle qui portait Pilatre et un jeune homme nommé Romain. Un réchaud était voisin de la nacelle ; en allumant ce réchaud, les aéronautes étaient sûrs de s'élever, parce que la chaleur conduite par le cylindre devait raréfier l'hydrogène du ballon. La raréfaction eut lieu en effet, car on vit le

ballon s'élever rapidement ; mais il y a lieu de présumer qu'elle fut trop brusque, qu'elle nécessita une perte de gaz, que le gaz extérieur s'alluma et qu'il communiqua le feu au gaz intérieur. On vit une grande flamme, et à l'instant même les deux aéronautes tombèrent, entraînant avec eux le cylindre de toile qui étant ouvert par le haut, ne put retarder la vitesse de leur chute.

Il est évident qu'un semblable accident ne peut avoir lieu dans les appareils ordinaires. Mais c'est en vain que la raison nous démontre qu'une promenade aérienne ne présente aucun danger ; il existe dans cette découverte quelque chose de surhumain qui excite toujours en nous quelque sentiment de crainte. Nous admirons l'intrépidité de nos aéronautes ; il serait très-possible cependant qu'aucun d'eux n'eût osé se risquer avec Cook à côtoyer les glaces de l'hémisphère austral ; et les mêmes amazones qui parcourent sans effroi les solitudes du ciel, n'oseraient peut-être pas descendre seules dans les catacombes.

Le spectacle monotone des ascensions aérostatiques a été quelquefois diversifié par des accessoires ingénieux ou bisarres. MM. Robert, frères, avaient imaginé un moyen de s'élever sans jeter du lest, et de descendre sans perdre du gaz. Dans le ballon principal qui était rempli à moitié d'hydrogène, se trouvait un second ballon rempli d'air ordinaire. A mesure que l'aérostat se serait élevé, l'hydrogène qui se serait dilaté par l'effet de la moindre pression, aurait pressé le ballon intérieur dont l'air se serait écoulé en partie ; et lorsqu'on aurait voulu descendre, on aurait, à l'aide d'un soufflet, gonflé ce même ballon intérieur qui, en augmentant de volume, eût comprimé l'hydrogène.

Cette invention ne pouvait pas avoir de succès, parce que la force de l'homme ou des hommes qui manœuvraient le soufflet, n'eût jamais été assez grande pour vaincre une résistance qui s'opérait à-la-fois sur tous les points de l'énorme base que présentait la surface du ballon intérieur. L'expérience était d'ailleurs très-dangereuse, parce qu'elle ne pouvait avoir lieu qu'en supposant l'aérostat entièrement rempli et hermétiquement fermé, et que la réaction de l'hydrogène s'exerçant dans le sens de la largeur du taffetas, devait très-probablement occasionner une déchirure qui, si elle s'était faite vers le sommet de l'aérostat, l'aurait vidé en quelques secondes; et la chute, dans ce cas, aurait été mortelle. Elle ne le fut pas, grâce à la prudence de l'un des aéronautes qui n'attendit pas, dit-on, le moment du danger pour fendre le ballon. Il était parti du parc de la Muette, n'était resté que quelques minutes en l'air, et sa chute fut assez rapide pour casser des bouteilles qui étaient au fond de la nacelle.

On a vu à Paris un aérostat s'élever sous la forme d'un géant hollandais; et nous avons joui récemment du spectacle d'une chasse aérienne dont les acteurs ont conservé fidèlement entr'eux la distance qui les séparait au moment du départ. M. Testu monté sur un véritable cheval, s'est envolé avec lui : la rareté de l'air de la moyenne région n'a produit sur l'homme qu'un léger malaise; mais le cheval aurait été frappé d'apoplexie, s'il n'eût été soulagé par une abondante hémorragie. L'invention du parachute est due à Blanchard : il en fit l'essai sur un lapin qui, après avoir long-temps plané, arriva à terre sans éprouver aucun mal. M. Garnerin s'est lui-même précipité deux fois du haut des airs; témérité sans but et que l'on a eu, dans le temps,

la barbarie d'applaudir, comme on a eu depuis celle d'applaudir une jeune femme qui se tenait à genoux sur une corde tendue à soixante pieds de hauteur, parmi la fumée et le fracas d'un feu d'artifice. Des aérostats illuminés ont brillé au milieu de la nuit. Un de ces météores factices, lancé à Paris à l'époque du fameux couronnement, tomba le lendemain à cinq lieues de Rome, dix-sept heures après son départ; il fut déposé dans une des salles du Vatican. Une note que M. Garnerin avait mise dans l'intérieur du ballon, et qui indiquait le lieu et l'heure du départ, y fut retrouvée et servit à constater l'identité. Il y a lieu de présumer qu'il s'était élevé à une hauteur extraordinaire (1) et qu'il y avait trouvé un vent plus rapide que celui de nos tempêtes.

---

(1) Un aérostat qui est plein à moitié ne peut s'élever qu'à une hauteur où le baromètre indique quatorze pouces. A cette hauteur il serait entièrement plein, parce que l'hydrogène supporterait une pression moitié moindre; et s'il montait plus haut, il faudrait que le gaz s'échappât ou que le ballon crevât. Un ballon qui ne serait plein qu'au quart, s'éleverait jusqu'à la hauteur où le baromètre marquerait sept pouces: hauteur indicative d'une couche d'air d'un poids égal aux trois quarts du poids total de l'atmosphère, et qu'il serait utile de connaître. On y parviendrait approximativement, en lançant pendant une nuit calme un aérostat portant un réverbère dont on observerait la parallaxe au moment de sa plus grande élévation. Ce serait une donnée de plus qui suffirait peut-être aux géomètres pour déterminer dans quelle proportion décroît la densité de l'air.

La découverte de l'aérostation en avait fait espérer une seconde beaucoup plus difficile.

MM. Robert avaient parcouru cinquante lieues en moins de six heures, mais ils avaient suivi la direction du vent; et la navigation aérienne ne pouvait devenir utile, comme moyen de transport, que dans le cas où l'on parviendrait à diriger les aérostats. Beaucoup d'idées furent publiées à ce sujet; toutes étaient ou déraisonnables ou impraticables. Blanchard s'était flatté qu'à l'aide de ses ailes, il imprimerait au ballon un mouvement impulsif. L'expérience qu'il fit au Champ-de-Mars le dissuada, en même temps qu'elle induisit en erreur la moitié de Paris. Le ciel était serein, et l'aérostat, montant avec rapidité, suivit sur un plan incliné la direction du vent. Lorsqu'il fut parvenu à une très-grande hauteur, on le vit, avec étonnement, rétrograder et se diriger vers le lieu d'où il était parti : mais le vent de la moyenne région, qui se trouvait alors contraire à celui qui régnait à la surface de la terre, fut la seule cause de ce phénomène. Il suffit d'avoir la plus légère notion de mécanique pour comprendre que quelle que fût la force avec laquelle on agiterait des ailes attachées à la nacelle d'un aérostat, il n'en pourrait résulter qu'une simple oscillation dans la nacelle; et il était inutile que M. Deghen se donnât la peine de venir en France, pour nous démontrer cette vérité par une nouvelle expérience.

Si les ailes étaient placées de chaque côté de l'équateur d'un aérostat, et que l'air fût absolument calme, il en résulterait un mouvement translatif, parce qu'alors la ligne de direction de la puissance se trouverait la même que la ligne de direction de la résistance; mais en supposant

que la machine, ainsi conçue, pût être convenablement exécutée, l'effet qu'elle produirait serait nécessairement très-faible.

La résistance que l'air oppose à un ballon sphérique étant égale à celle qu'il opposerait à un plan dont le diamètre aurait le tiers de celui du ballon, il en résulte que la force mécanique nécessaire pour diriger un aérostat de vingt-quatre pieds de diamètre, serait égale à celle qu'il faudrait employer pour entraîner, contre la direction du vent, un cerf-volant circulaire de huit pieds de diamètre; et comme un pareil cerf-volant présenterait une surface quadruple de celle des plus grands cerf-volans, l'on doit en conclure qu'il n'existe aucune proportion entre la force que l'on peut supposer à un aéronaute, et celle dont il aurait besoin pour diriger le ballon qui le porte.

Quant à la voile, ce serait une absurdité que de vouloir en faire usage; car un aérostat abandonné dans l'espace est un véritable anémomètre qui se trouve toujours en calme relatif avec l'air environnant, quelque violent que puisse être le vent.

Il n'existe qu'un seul cas où la voile pourrait être employée avec succès.

Si l'on voulait, par exemple, traverser rapidement une vaste plaine ou un désert, et aborder à un point fixe vers lequel le vent ne serait dirigé qu'approximativement, on y parviendrait à l'aide de l'appareil suivant :

Le filet dont l'hémisphère est couvert, et qui supporte le poids dont l'aérostat est chargé, aboutit à une corde circulaire qui partage le globe en deux parties égales,

et à laquelle on a donné, par cette raison, le nom d'*équateur*.

On attacherait à cet équateur une longue chaîne, et l'aérostat serait lesté de manière à pouvoir porter en sus de sa charge une partie de cette chaîne dont le surplus traînerait. Il résulterait de cette disposition que l'aérostat ne s'écarterait de la terre que d'une distance égale à la longueur de la portion de la chaîne qu'il pourrait porter, et il en résulterait en outre que la vitesse de sa marche serait retardée d'une quantité proportionnelle à la longueur de la chaîne traînante.

Si l'on suppose ce retard égal à la moitié de la vitesse du vent, et le vent doué d'une vitesse de dix lieues par heure, il en résultera que l'aérostat, au lieu d'être en calme relatif avec l'air environnant, éprouvera un vent relatif de cinq lieues par heure.

Ce vent gonflera une voile carrée placée entre la nacelle et le globe, et il ne s'agira plus que d'orienter cette voile pour en obtenir un mouvement latéral à droite ou à gauche de la direction du vent.

Or, en supposant que l'on ne pût ouvrir avec le vent qu'un angle de trente degrés, cet angle serait suffisant pour aborder au point déterminé, dans le cas où la direction du vent ne différerait que de trente degrés de la direction vers ce point; et la vitesse avec laquelle on y arriverait serait d'environ sept ou huit lieues par heure.

Je suppose encore que l'on voulût transporter au sommet d'une montagne escarpée ou des canons ou des matériaux propres à la construction d'un édifice, un aérostat deviendrait, dans ce cas, et dans les cas analogues, une machine utile.

Une corde de deux ou trois pouces de circonférence serait tendue depuis le sommet de la montagne jusqu'à un point de la vallée assez éloigné pour que cette corde pût rester isolée ; elle passerait entre deux poulies placées sur un même plan et appartenantes à la même chappe qui serait terminée par deux crochets, dont l'un retiendrait l'aérostat, et dont l'autre porterait une nacelle appropriée aux matériaux.

Lorsque l'air serait calme (et il l'est presque toujours pendant la nuit), on chargerait l'aérostat d'un poids qu'il pût soulever. Sa légèreté spécifique qui excéderait le poids du fardeau, de quinze à vingt livres, l'entraînerait jusqu'au sommet de la montagne. On déchargerait les matériaux, et on placerait sur le support, soit de la terre, soit de la neige, soit toute autre matière inutile dont le poids excéderait, de quinze à vingt livres, la force ascensionnelle de l'aérostat. Ce poids le ferait descendre jusqu'au bout de la corde où l'on aurait pratiqué un hangard qui servirait à abriter l'aérostat pendant les intervalles du travail.

Un appareil à-peu-près semblable pourrait servir de bac pour franchir un abîme qui séparerait deux montagnes voisines.

On porterait d'abord, à l'aide de l'aérostat et d'un vent favorable, l'extrémité de la corde à laquelle on donnerait ensuite le degré de tension convenable : cette corde formerait, dans l'intérieur de l'abîme, l'espèce de courbe appelée *chaînette*.

Pour franchir la moitié descendante de cette courbe, les voyageurs prendraient un excès de lest, qu'ils jetteraient ensuite pour remonter l'autre moitié.

Il y a plus de vingt ans que j'ai proposé au gouvernement ces moyens et quelques autres qui auraient pu utiliser la découverte de M. Charles; mais la raison pour laquelle on n'a fait, à cet égard, aucune tentative, c'est l'impossibilité où l'on s'est trouvé jusqu'ici de conserver à l'hydrogène sa légèreté spécifique : impossibilité de laquelle résulte la nécessité de renouveler fréquemment un gaz très-dispendieux.

Quelques savans ont pensé que l'hydrogène s'échappait insensiblement des aérostats où il était renfermé; c'est une erreur. J'ai observé notamment l'un des aréostats que le gouvernement avait fait construire à Meudon. Au bout d'un mois il n'avait pas diminué de volume, et il avait perdn cependant plus de moitié de sa légèreté. Ce phénomène suppose donc nécessairement l'addition d'une matière solide qui s'est combinée avec le gaz, et qui a augmenté son poids sans augmenter son volume. Or, cette addition ne peut avoir eu lieu que par l'intervention d'un fluide ascendant assez subtil pour traverser facilement l'enveloppe de l'aérostat, et dont les molécules intégrantes sont combinables avec l'hydrogène, ou solubles dans l'hydrogène. J'ai supposé que ce fluide était le gaz siliceux; et j'ai indiqué un moyen, à l'aide duquel on pourrait parvenir à reconnaître sa présence. Mais si l'augmentation de densité de l'hydrogène n'était pas due au gaz siliceux, on serait toujours forcé de l'attribuer à quelques-uns des gaz subterranés qui, comme le gaz siliceux, s'échappent de la terre et remontent à travers l'atmosphère. Or, il y a lieu d'espérer que, dans ce cas, on parviendrait à conserver, au moins en grande partie, la légèreté spécifique de l'hydrogène de l'aérostat, en

plaçant entre la terre et l'aérostat un matelas plein d'hydrogène, auquel on donnerait trois ou quatre pieds d'épaisseur : ce matelas, qui formerait un disque d'un diamètre plus grand que celui de l'aérostat, intercepterait tous les gaz subterranés.

Peut-être même suffirait-il, en ce cas, de garnir de barres de fer le hangard où l'on placerait l'aérostat; car s'il est vrai, comme je le présume, que les gaz qui s'introduisent à travers le taffetas gommé, sont dissous dans le fluide magnétique, ces gaz s'écouleraient, par préférence, à travers le fer.

S'il était possible de conserver, par l'un de ces moyens ou par quelqu'autre, la pureté de l'hydrogène dont on est déjà parvenu à conserver la quantité par un enduit de gomme élastique et par des coutures imperméables, il ne s'agirait plus que de trouver un procédé propre à diminuer le prix exhorbitant de la fabrication de ce gaz; et l'on y parviendrait sans peine, en établissant, près des forges à fer, des fourneaux semblables à ceux de Meudon, dans lesquels on se procurerait l'hydrogène sans acide sulfurique, et par la simple décomposition de l'eau à l'aide du fer élevé à une température suffisante.

Les aérostats à flamme sont considérés, depuis longtemps, comme une machine aussi inutile que dangereuse. Il serait possible cependant de les utiliser; et si l'on se déterminait à augmenter suffisamment leur volume, il deviendrait facile de remédier à leurs inconvéniens, en profitant de l'avantage qu'ils présentent de pouvoir être gonflés en très-peu de temps et à très-peu de frais.

Pour faire porter un très-grand poids à une Mongolfière, il n'est pas nécessaire de lui donner un volume

immense; car la légèreté spécifique qu'elle peut acquérir, est proportionnelle au volume et à la quantité du gaz qu'elle contient; et ces deux bases de sa puissance peuvent être considérablement augmentées par une médiocre augmentation dans son diamètre.

Il est reconnu depuis long-temps, que le nuage que MM. de Montgolfier formaient en brûlant des matières animales, ne contribue en rien à la force ascensionnelle des Mongolfières. La dilatation de l'air intérieur en est en partie la cause; mais la principale est la vapeur aqueuse produite par la flamme, et dont l'expansion chasse une partie plus ou moins grande de l'air intérieur dont elle occupe alors la place. Le moyen le plus propre à retarder la réduction du gaz aqueux, sera dès lors le plus efficace de tous pour augmenter la force ascensionnelle. Or, ce moyen est très-simple; il ne s'agit que de magnéfier la Mongolfière, parce qu'en la magnéfiant on diminue le rapport qui existait entre sa surface et la vapeur qu'elle contenait; et il est évident que la diminution relative de la surface doit diminuer la quantité relative du calorique exhalé.

Mais en faisant abstraction de l'avantage résultant d'un refroidissement plus lent, et en supposant que le gaz intérieur n'ait, dans les deux cas, que la même légèreté spécifique, la force ascensionnelle que l'on obtiendra en augmentant le diamètre d'une Mongolfière, se trouvera, par la nature des choses, être incomparablement plus grande que la dépense occasionnée par l'aggrandissement de l'enveloppe.

Il est reconnu en géométrie que la solidité d'un globe, c'est-à-dire, le gaz d'un aérostat, augmente comme les

cubes des diamètres, tandis que sa surface, c'est-à-dire, le poids ou la dépense de l'enveloppe, ne croît que comme les carrés des diamètres.

Le gaz d'une Mongolfière étant considéré comme une dépense nulle, et la dépense des supports comme suivant la même progression que la dépense de l'enveloppe, la progression géométrique que je viens d'indiquer, suffit pour pouvoir comparer la dépense à faire au produit qui en résultera.

Supposons que le gaz contenu dans une Mongolfière sphérique puisse enlever un poids de douze livres, et que l'enveloppe pèse dix livres, le poids dont on pourra charger cette Mongolfière se trouvera réduit à deux livres; mais si l'on triple le diamètre de la sphère, la quantité du gaz sera vingt-sept fois plus considérable, et le poids de l'enveloppe sera seulement neuf fois plus considérable. D'où il résultera que l'aérostat qui, dans le premier cas, ne pouvait porter que son enveloppe plus deux livres, portera, dans le second cas, son enveloppe plus un poids de 1638 livres, parce que ce poids est proportionnel à l'augmentation du gaz qui est dans le rapport de 12 au cube de 12, tandis que le poids de l'enveloppe, qu'il faut toujours retrancher du poids total, n'est dans ce cas que de 90 livres, produit de 10 multiplié par 9 (carré de 3.)

La rapidité de cette progression est cause que lorsqu'il s'agit d'enlever de très-grands fardeaux, la Mongolfière, dont le gaz ne coûte rien ou presque rien, devient une machine beaucoup plus avantageuse que la Charlienne.

M'étant occupé de ce problème, il y a vingt ans, j'acquis la certitude qu'une Mongolfière capable de porter

un détachement de trois mille hommes avec ses canons, ses chevaux et ses bagages, coûterait moins à construire qu'une frégate.

Ce calcul fut vérifié par des commissaires nommés par le gouvernement, et ces commissaires approuvèrent, en outre, le mode de construction que j'avais proposé (1).

La Mongolfière pouvait être gonflée en moins d'une heure, sans aucun danger de feu, et, après son gonflement, la chaleur acquise devait être conservée par un système de lampes : une heure devait également suffire pour la dégonfler et la plier.

Le poids qu'elle devait porter était réparti d'une manière rigoureusement égale entre tous les fils de la toile de la calotte supérieure. Un cable ralingué qui formait l'équateur, était le point d'attache d'une multitude de petites cordes perpendiculaires, ou à-peu-près, auxquelles était suspendu un plancher circulaire sur lequel le poids total devait être réparti; et ce poids, distribué entre toutes les petites cordes, ne formait pour chacune d'elles que la moitié du poids qu'elle aurait pu porter sans se rompre.

Comme il était question alors de transporter une armée en Angleterre, j'avais proposé de placer toutes les Mongolfières dans la presqu'île de Cherbourg, et j'avais

---

(1) Je prouvai, à la même époque, qu'il était possible de construire une Mongolfière assez grande pour porter une armée de soixante mille hommes; et le devis détaillé que je donnai de tous les matériaux qui devaient la composer, ainsi que des frais de construction, ne s'élevait pas à plus de cinq millions.

choisi cet emplacement, parce que tous les vents de la partie du sud, qui sont en France les vents dominans, conduisent de Cherbourg en Angleterre (1).

Il avait été décidé par le Ministre qu'on commencerait par en construire une au Champ-de-Mars, dans laquelle on aurait représenté par des tonneaux pleins d'eau, le poids qui devait être porté : on l'aurait gonflée et dégonflée plusieurs fois pour s'assurer notamment du temps nécessaire pour cette manœuvre, et de la quantité d'huile à consumer pour maintenir, pendant un temps donné, la légèreté spécifique que la combustion de la paille au-

---

(1) La première objection qui se présente à l'esprit est celle-ci : » Si le vent venait à changer, les aérostats pourraient être entraînés en pleine mer. » Je réponds d'abord, qu'en admettant la possibilité d'un brusque changement de vent, le *vent d'est* serait dans ce cas *le seul* à redouter; que ce vent, qui est le plus rare de tous dans nos climats, n'arrive qu'à la suite des vents de nord-est et très-rarement à la suite des vents de sud-est, et qu'ainsi, en partant par un vent de sud ou de sud-ouest il n'y aurait aucun danger. Je réponds en second lieu qu'il est à-peu-près *impossible* qu'un aérostat qui part par un vent fait, éprouve dans un trajet de cinquante lieues un changement de vent. La raison en est simple, c'est qu'un aérostat dont la vitesse est la même que celle du vent, emporte avec lui son vent, et que quand une fois le vent est lancé dans une direction, il y a plus de mille à parier contre l'unité, qu'une masse d'air déterminée persévérera pendant cinq ou six heures, et avec une vitesse égale ou à-peu-près, dans cette direction ou dans une direction approximative.

rait procurée. Lorsque toutes les précautions auraient été prises, on l'aurait fait partir, et on lui aurait fait parcourir, par un vent faible, 80 à 100 lieues.

Je suis loin de présumer que la noble Angleterre veuille jamais abuser de la prépondérance qu'elle a acquise dans la guerre honorable qu'elle vient de terminer; mais s'il était possible qu'elle se prévalût un jour de la supériorité de ses forces navales pour gêner la liberté du commerce maritime, les Mongolfières seraient la seule ressource qui resterait à l'Europe pour échapper à ce honteux esclavage.

Or, il suffit qu'il ne soit pas impossible que cette ressource devienne un jour nécessaire, pour qu'il soit de l'intérêt des puissances continentales de préparer, pendant les loisirs de la paix, ce grand moyen de guerre.

La Mongolfière d'essai, après avoir présenté à Paris, pendant deux ou trois mois, le plus magnifique des spectacles (1), planerait paisiblement sur la France, et prouverait à l'Angleterre qu'il ne serait pas impossible que cinquante machines semblables traversassent la Manche, sans qu'il y eût à craindre que ses escadres pussent embrâser, par des obus ou des fusées à la Congrève, nos vaisseaux aériens qui, abordant dans l'intérieur des terres, par une route dont il serait impossible de prévoir la direction, répartiraient, sur trente lieues de pays, une armée de cent cinquante mille hommes.

---

(1) Un léger impôt mis sur la curiosité publique en couvrirait aisément tous les frais qui n'excéderaient pas 300000 francs.

DES PHÉNOMÈNES LUMINEUX.

J'ai parlé dans le second volume (187) de l'origine de la lumière, de la cause et de la nature de ses mouvemens. Je vais maintenant, en développant ce que je n'ai fait qu'indiquer, m'occuper des nombreux phénomènes qui sont dus à ce principe ; et si je parviens à les coordonner tous à la loi générale, le titre de cet ouvrage se trouvera suffisamment justifié.

Du débrulement des corps.

320. Les chimistes ont observé, qu'en général, les corps brûlés exposés à l'action de la lumière, perdaient leur oxigène et pouvaient de nouveau se combiner avec lui.

Cet effet est dû à l'extrême ténuité de la lumière, à la rapidité de son mouvement, et à son analogie avec le calorique, qui ~~leur~~ lui permet de le remplacer dans les atmosphéroïdes des corps.

La lumière, comme tous les projectiles, suit la loi de la moindre résistance, et lorsque ses rayons traversent les corps diaphanes, ou lorsqu'ils accomplissent, dans l'intérieur des corps opaques, la courbe qui détermine la réflexion, ils circulent à travers la partie des atmosphéroïdes où le calorique leur livre un plus libre passage.

Mais toute la lumière n'est pas réfléchie ou transmise; la plus grande partie est absorbée ; et l'absorption n'a lieu que parce que la lumière, réfractée et réfléchie dans des directions opposées, s'égare, et finit par s'éteindre dans le labyrinthe de la porosité.

Il y a lieu de croire que c'est pendant la durée des mouvemens désordonnés qui précédent son extinction, que la lumière traverse les petits espaces que laissent entr'elles les molécules du corps brûlé et les molécules de l'oxigène.

Il en doit résulter des séparations mécaniques; et comme dans ce cas les atmosphéroïdes du corps brûlé ont augmenté de volume par l'affluence des molécules de la lumière et de celles du calorique qui l'accompagne, l'oxigène peut être entraîné au-delà des bornes de sa sphère attractive. Il se formera alors deux atmosphéroïdes au lieu d'une, et l'oxigène recouvrera sa liberté.

De la viscosité des corps.

321. Je considère la viscosité des corps comme un phénomène dû à la lumière qui se trouve en plus grande abondance dans les atmosphéroïdes des corps visqueux que dans les atmosphéroïdes de ceux qui ne manifestent pas cette propriété.

En parlant de la formation de l'hydrogène, j'ai énoncé les motifs qui me portaient à croire que ce grand agent de la nature était formé d'une combinaison de lumière.

Mais, quelle que soit la nature de l'hydrogène, toujours est-il certain que ses atmosphéroïdes contiennent beaucoup de lumière, puisqu'il en dégage une très-grande quantité pendant sa combustion, et que tous les corps combustibles, dans la composition desquels l'hydrogène entre comme principe, dégagent d'autant plus de lumière

et sont d'autant plus visqueux, que la proportion d'hydrogène est plus grande.

La viscosité du phosphore et du soufre, et la vive lumière qui se dégagent de leur combustion rapide, loin d'être une exception à cette règle, la confirment au contraire, puisqu'il résulte des expériences de M. Davy, que ces deux corps sont composés d'hydrogène.

La seule objection qu'on pourrait faire contre ma théorie, résulterait de ce que l'oxigène dégage beaucoup de lumière en se combinant avec certains corps qui ne contiennent point d'hydrogène.

Mais ce qui constitue le degré de viscosité d'un corps, n'est pas la quantité absolue de lumière que ses atmosphéroïdes renferment, mais bien la quantité relative. Il est vraisemblable qu'une molécule d'oxigène contient dans son atmosphéroïde une quantité de lumière plus considérable que celle que contient une molécule d'hydrogène; mais comme l'oxigène est incomparablement plus dense que l'hydrogène, et que dès lors ses atmosphéroïdes sont incomparablement plus grandes, la proportion de la quantité de lumière à la quantité de calorique peut se trouver deux fois moindre dans une atmosphéroïde d'oxigène que dans une atmosphéroïde d'hydrogène. On conçoit, dès lors, pourquoi l'oxigène est beaucoup moins visqueux que l'hydrogène, et pourquoi, dans la combinaison de l'oxigène avec certains corps qui ne contiennent pas d'hydrogène, mais qui doivent néanmoins contenir plus ou moins de lumière dans leurs atmosphéroïdes, il se dégage une grande quantité de lumière.

La viscosité n'est autre chose qu'une diminution dans le degré de liquidité ou de fluidité; et comme j'ai prouvé que

la lumière était plus dense et moins fluide que le calorique, il n'est pas étonnant que la circulation des atmosphéroïdes les unes autour des autres, à laquelle sont dues la fluidité et la liquidité des corps, soit beaucoup plus libre dans les fluides et les liquides qui ne contiennent qu'une petite quantité relative de lumière, que dans ceux qui en contiennent une très-grande quantité relative.

De la phosphorescence des corps.

322. La phosphorescence est l'apparition d'une clarté durable ou fugitive, qui ne produit aucune chaleur sensible.

Presque tous les corps de la nature, si l'on en excepte les substances métalliques et leurs oxides, sont susceptibles de phosphorescence.

On peut aussi excepter leurs sulfures; car il n'y a que celui d'arsenic dans lequel on ait découvert cette propriété.

Quelques sels métalliques, tels que le muriate de mercure, le sublimé corrosif, le phosphate de mercure, etc. deviennent lumineux par le choc mécanique.

D'autres corps, tels que les blendes, deviennent lumineux par une simple collision.

Certains corps jouissent de la phosphorescence spontanée; elle est passagère dans l'union d'une petite quantité d'eau avec la chaux caustique; elle est permanente dans le bois luisant.

Les bois pourris, la chair des animaux, et surtout celle des poissons, en se décomposant, jouissent d'une

phosphorescence considérable : mais ces substances ont besoin du contact de l'air pour luire.

La craie mise sur une pelle chauffée devient phosphorescente. Il en est de même du phosphate de chaux, du fluate de chaux, etc.

L'eau comprimée devient lumineuse. Il en est de même des autres liquides, de tous les solides et de tous les gaz; et M. Dessaignes assure qu'à cet égard la loi est générale.

Certains corps privés de leur propriété lumineuse la retrouvent quand on les électrise.

D'autres deviennent phosphorescens, lorsqu'on les soumet à l'activité des rayons solaires; il en est même qui acquièrent la phosphorescence par leur exposition aux rayons de la lune : tel est le sulfure de Canton fait avec trois parties d'écailles d'huîtres calcinées et une de soufre. On cite même des diamans qui ont cette propriété.

Quelques insectes, tels que notre ver-luisant et la mouche de Surinam, paraissent lancer la lumière par un acte de leur volonté.

La mer est quelquefois couverte de points lumineux.

La phosphorescence est due à deux causes; savoir : la combustion lente, et la réaction des atmosphéroïdes sur la lumière qui, en s'y introduisant en trop grande abondance, a altéré momentanément leur forme.

L'oxigène se combine plus ou moins lentement avec la plupart des corps; mais dans les combustions les plus lentes, il y a toujours dégagement de calorique et de lumière.

Le dégagement du calorique ne produit de la chaleur que lorsqu'il est assez considérable pour opérer une pression sensible sur le calorique dissolvant des corps voisins; mais

l'expérience a prouvé que, dans un dégagement très-abondant de calorique et de lumière, le calorique ne se propageait qu'avec lenteur et à une petite distance; tandis qu'au contraire, dans le cas d'un dégagement peu abondant de ces deux principes, la lumière était lancée à une distance indéfinie; et comme il est plus aisé d'apercevoir une faible lumière que de ressentir une faible chaleur, il doit se trouver fréquemment des combinaisons de l'oxigène qui produisent de la lumière sans chaleur.

La lumière s'échappe sans cesse de tous les corps dans l'intérieur desquels elle a été absorbée; et si nous avions de meilleurs yeux, il y a lieu de croire que tous les corps nous paraîtraient phosphorescens; mais comme la lumière n'est sensible pour nous, que lorsqu'elle se meut avec une certaine vitesse, il n'est pas étonnant que la plupart des corps ne deviennent phosphorescens que lorsqu'ils ont été ou frappés, ou électrisés, ou exposés au feu, ou exposés aux rayons de la lumière; parce que, dans toutes ces circonstances, le ressort naturel des atmosphéroïdes se trouvant plus tendu, expulse avec une plus grande force la lumière surabondante.

La phosphorescence de la mer est due à une véritable combustion dont j'ai expliqué la cause.

Quant aux insectes phosphorescens, il y a lieu de présumer que la nature leur a donné un organe susceptible d'absorber beaucoup de lumière, et que, par l'effet d'une contraction spontanée, ce même organe la lance pendant la nuit, lorsque l'animal, qui est ordinairement une femelle, éprouve le besoin de se rendre visible; ou lorsqu'il veut surprendre d'autres insectes propres à sa nourriture et qui sont cachés pendant le jour.

De la réfraction.

323. Lorsque nous regardons un objet lumineux ou éclairé à travers une lame de verre, nous voyons cet objet, parce que le verre est un corps transparent.

Si les deux surfaces de cette lame sont parallèles entr'elles et perpendiculaires à la direction du rayon de la lumière, nous voyons l'objet à la place qu'il occupe, parce que les rayons, dans ce cas, ont traversé le verre sans s'incliner d'aucun côté.

Mais si cette lame de verre coupe obliquement la direction du rayon, nous voyons l'objet à une autre place que celle qu'il occupe; et plus l'obliquité du verre sera considérable, et plus la place où nous verrons l'objet sera éloignée de celle qu'il occupe.

Cet effet est dû à la gravitation de la lumière.

Avant d'entrer dans le verre, il faut qu'elle en approche très-près; et comme les molécules du verre attirent alors la lumière en raison directe de leur masse et en raison inverse du carré de leur distance, il est évident que si le verre est placé obliquement, la lumière sera plus attirée vers la partie de la surface qui est en-deçà du point vers lequel elle se dirige, que vers la partie de la même surface qui est au-delà de ce point. La lumière tombera donc toujours en-deçà du point vers lequel elle se dirige.

Lorsqu'ensuite la lumière sortira du verre, dont je suppose les deux surfaces parallèles, elle sera, par la

même raison, plus fortement attirée par la partie de la surface du verre, située au-delà du point par lequel elle sortira, que par la partie de la surface qui se trouve en-deçà.

Le rayon sera donc détourné deux fois de sa route primitive, lorsqu'il parviendra à notre œil.

Mais, comme l'œil ne peut rapporter les objets qu'il voit qu'à l'extrémité de la ligne par laquelle le rayon lui parvient, ligne qui n'est pas droite mais que l'œil présume telle, il verra l'objet à l'extrémité de la ligne que la lumière a suivie après avoir traversé le verre; et comme cette ligne ne correspondra plus à celle que la lumière a suivie dans sa route depuis l'objet jusqu'au verre, il ne verra plus l'objet à la place qu'il occupe.

Si on répète cette expérience alternativement avec une lame de verre ordinaire et une lame de cristal, on s'apercevra qu'à obliquité égale l'objet est plus déplacé par le cristal que par le verre, et on en concluera que le pouvoir réfringent, c'est-à-dire, le pouvoir de dévier la lumière, est plus grand dans le cristal que dans le verre: ce qui n'est pas étonnant, attendu que le cristal est plus pesant que le verre, et que dès lors une molécule de cristal ayant plus de masse qu'une molécule de verre, doit, à égale distance, attirer plus fortement la lumière.

Newton qui avait calculé les différences qui caractérisaient la puissance réfringente des différens corps, et qui avait découvert que les corps visqueux et combustibles, tels que les résines, les huiles, et même l'alcohol, étaient, proportionnellement à leur densité, plus réfringens que les autres corps, remarqua que le diamant, dont le

sinus (1) d'incidence était au sinus de réfraction, comme 100 à 41, était le plus réfringent de tous les corps; et il conjectura dès lors que le diamant devait être un corps très-combustible; conjecture qui a été vérifiée par les modernes.

La découverte des gaz, due en grande partie à Priestley, a donné lieu à une comparaison entre le pouvoir réfringent de chacun d'eux. L'oxigène est le moins réfringent de tous; l'acide carbonique et l'azote ne l'emportent, à cet égard, sur l'oxigène, que d'un cinquième; mais l'hydrogène, quoiqu'il soit moins dense que l'oxi-

---

(1) Newton croyait que la lumière se mouvait en ligne droite, et que lorsqu'elle se détournait, elle formait des angles; il a donc mesuré ces angles; et quoique ses calculs soient fondés sur une fausse hypothèse, ils n'en sont pas moins précieux, parce que dans les cas ordinaires, les mouvemens réels de la lumière ne diffèrent que d'une quantité insensible des mouvemens anguleux que Newton a supposés.

Le rayon, avant d'être dévié, s'appelle rayon *incident*; et lorsqu'il a été dévié, il s'appelle rayon *réfracté* s'il a traversé un corps transparent, et rayon *réfléchi* si, au lieu de traverser un corps, il a été repoussé par une cause quelconque.

On conçoit dès lors que lorsque le rayon tombe sur une surface oblique à sa direction, il forme, avec le plan de cette surface, un angle; qu'il en forme également un avec ce même plan lorsqu'il est forcé de rétrograder; et qu'il en forme un enfin avec ce même plan, lorsqu'il sort par la surface opposée.

Le premier de ces angles s'appelle *angle d'incidence*; le

gène, a un pouvoir réfringent sept fois plus considérable.

Les proportions exactes, d'après M. Thénard, sont (l'air atmosphérique étant pris pour l'unité) :

Air atmosphérique.	1, 00000.
Oxigène.	0, 86361.
Acide carbonique.	1, 00476.
Azote.	1, 03408.
Hydrogène.	6, 61436.
Ammoniac (combinaison d'hydrogène et d'azote).	2, 16851.

---

second, *angle de réflexion*; et le troisième, *angle de réfraction*.

Newton ne mesure pas ces angles sur la surface, il les mesure sur la perpendiculaire à la surface; ce qui revient au même, parce que ce dernier angle est le complément du premier : c'est-à-dire, que si le premier est de 40 degrés, le second sera de 50 degrés : total 90 degrés.

Pour comparer la grandeur de deux angles, on les comprend dans un même cercle, et l'on mesure l'*arc* que chacun d'eux renferme.

La manière la plus naturelle de mesurer deux arcs, est de comparer la longueur de leurs deux *cordes*, et cette méthode est encore celle des Indiens et des Chinois.

Mais il a été jugé plus commode de les mesurer par leur demi-corde ou *sinus*, c'est-à-dire, par une perpendiculaire abaissée d'une des extrémités de l'arc sur le rayon passant par l'autre extrémité.

Hydrogène carboné.	2, 09270.
Hydrogène plus carboné.	1, 81860.
Gaz hydro-muriatique.	1, 19625.
Gaz éther muriatique (dont l'hydrogène est un des principes).	1, 91344.

J'ai expliqué la cause de la très-grande déviation qu'éprouvait la lumière en traversant les corps visqueux, et je me contenterai de rappeler ici, comme règle générale, que *lorsque deux corps sont d'égale densité, le plus réfringent des deux est toujours celui qui contient le plus de lumière dans ses atmosphéroïdes.*

Lorsque les deux surfaces opposées du milieu que traverse la lumière ne sont pas parallèles, la déviation définitive est toujours, comme dans le cas du parallélisme, le résultat combiné des déviations que chaque surface a occasionnées. Si elles ont lieu du même côté, on ajoute l'une à l'autre; et si elles ont lieu en deux sens opposés, la plus forte se trouve diminuée proportionnellement au degré d'influence de la plus faible.

La réfraction serait le plus simple de tous les phénomènes si la lumière, en traversant les corps, suivait dans leur intérieur une ligne droite; mais elle ne les traverse qu'en décrivant une courbe; et cette courbe, dont je vais m'occuper dans le chapitre suivant, complique quelquefois le phénomène. On en verra notamment la preuve dans le chapitre de la *diffraction* (1), modification de la

(1) On trouvera à la fin du 4.e volume quelques figures explicatives des effets que produisent sur la lumière l'approche ou la rencontre des corps.

lumière, que Newton n'a pas pu concevoir, parce qu'elle démentait de la manière la plus formelle les calculs géométriques auxquels il avait soumis en apparence la *réfraction* et la *réflexion*.

De la réflexion.

324. Newton considérait la propriété qu'ont certains corps de réfléchir la lumière, comme un mystère dont le créateur s'était réservé la connaissance : les atmosphéroïdes expliquent ce mystère.

Un atome de lumière est un projectile qui obéit aux lois du mouvement; et comme les attractions à grande distance, ne produisent aucun effet sensible sur le mouvement de la lumière, il ne s'agit plus, pour expliquer le phénomène de la réflexion, que de combiner avec les lois du mouvement les lois de la gravitation à petite distance, qui sont les mêmes que celles de la gravitation à grande distance.

Un boulet de canon et un atome de lumière tombent obliquement sur la surface de l'eau; tous deux pénètrent dans l'eau jusqu'à une certaine profondeur; tous deux en sortent et continuent leur route en faisant un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence. La première idée qui se présenta aux physiciens, fut de dire que ces deux phénomènes étaient semblables.

Mais Newton prouva que le boulet, en entrant dans l'eau, s'écartait de la perpendiculaire, et que la lumière, au contraire, s'en rapprochait; et il prouva de plus, qu'en sortant de l'eau pour rentrer dans l'air, la lumière s'écartait de la perpendiculaire.

D'autres physiciens avaient comparé la réflexion qu'éprouvent les molécules de la lumière en tombant sur un miroir, au rebondissement d'une balle élastique qui, en tombant sur une surface plane, s'en écarte comme la lumière, et suit, comme elle, une ligne de réflexion inclinée à cette surface du même nombre de degrés que la ligne d'incidence.

Mais Newton prouva encore l'insuffisance de cette explication, en faisant observer qu'une surface applanie avec le plus de soin, n'était composée que d'aspérités et de cavités qui présentaient aux très-petits atomes de la lumière une infinité de plans différens.

Après avoir écarté le système de ceux qui faisaient plonger la lumière dans l'intérieur des corps et de ceux qui la faisaient rebondir mécaniquement, il se trouva réduit à la nécessité de créer une troisième hypothèse.

Il supposa que la lumière réfléchie par les corps ne touchait point aux corps, et qu'elle s'en approchait à une très-petite distance; d'où il conclut qu'il existait dans la matière un pouvoir répulsif qui ne s'exerçait qu'à une distance infiniment petite.

Cette explication, qui n'en était point une, a été admise par quelques physiciens, rejettée par d'autres; et la presque totalité d'entr'eux a considéré comme absolument inexplicable un phénomène dont le grand Newton n'avait pu découvrir la cause.

Mais, à l'époque où Newton fleurissait, la chimie n'existait pas encore, et l'on ne savait pas que les interstices des corps étaient entièrement occupés par un fluide plus rare que la lumière.

Pour pouvoir apprécier le mérite de l'explication que

je vais donner, il est nécessaire de se former une idée, sinon juste, du moins approximative des corps réfléchissans.

Supposez que l'on ait retiré d'une ruche un rayon de miel; qu'après en avoir ôté le miel, on ait criblé de trous les cloisons des alvéoles ; et qu'après avoir détruit, par des échancrures multipliées, la planimétrie de leur surface, on ait plongé le résidu dans un vase rempli d'éther, de manière à ce que la liqueur recouvrît la presque totalité des saillies; cet appareil, dans lequel l'éther représente le calorique, et dans lequel le résidu des alvéoles criblées représente les molécules d'un corps solide, donne une idée sensible de la surface d'un miroir métallique poli avec le plus grand soin.

Supposez ensuite que dans un second vase rempli d'éther, on ait disséminé et fortement agité une matière pulvérisée au point de ne pouvoir être aperçue qu'à l'aide du microscope, les poussières représenteront les molécules intégrantes de l'eau, et l'éther représentera le calorique qui isole les molécules de l'eau.

Supposez encore que dans un troisième vase rempli d'éther, on n'ait disséminé que la millième partie des poussières microscopiques que renferme le second vase; ces poussières, qui seront mille fois plus écartées les unes des autres que dans l'exemple précédent, vous donneront une idée des molécules intégrantes de l'air et de leur séparation.

Supposez enfin que trois petites balles lancées avec une très-grande vitesse, frappent obliquement la surface du mélange que renferment ces trois vases, et que chacune d'elles y fasse un ricochet, il sera évident pour vous que

cet effet, qui a été le même pour les trois vases, est dû à la même cause, et que, dans les trois cas, ce n'est pas aux molécules solides qu'il faut attribuer la réflexion qu'a subie le mobile, mais seulement à l'éther qui a agi dans les trois cas de la même manière dont il aurait agi si ces trois vases n'avaient contenu que de l'éther pur. Si ce raisonnement est concluant, j'ai le droit d'établir comme un axiome la proposition suivante :

« *Ce n'est point aux molécules intégrantes des corps, c'est à leurs atmosphéroïdes qu'est dû le phénomène de la réflexion de la lumière.* »

Voyons maintenant quelle est la loi que doit suivre la lumière lorsqu'elle est réfléchie par le calorique des corps, et la raison pour laquelle un boulet de canon et un globule lumineux, qui tous deux font un ricochet en tombant obliquement sur la surface de l'eau, et qui tous deux pénètrent à une certaine profondeur au-dessous de la surface de l'eau, ne parcourent pas deux courbes semblables.

Le boulet et l'atome lumineux qui se meuvent près de la surface de la terre, tombent tous deux de 15 pieds par seconde; mais cette chute, qui n'est pas sensible pour l'atome lumineux qui parcourt 70,000 lieues par seconde, est très-sensible pour le boulet qui ne parcourt que quelques toises par seconde.

Le boulet, lorsqu'il est près d'entrer dans l'eau et au moment où il en sort, est attiré par celles des molécules de l'eau qui sont les plus voisines de la surface; et ces molécules, n'attirant le boulet qu'en raison de leur masse qui est infiniment petite en comparaison de celle du boulet, ne peuvent influer d'une manière sensible sur la direction de son mouvement. Mais cette même masse de molécules attirantes qui est infiniment petite, compara-

tivement à la masse du boulet, et qui est, au contraire, infiniment grande par rapport à la masse du globule lumineux, doit produire sur ce globule un effet sensible. La vitesse avec laquelle il se meut, ne doit pas l'empêcher d'y obéir ; car sa vitesse ne constitue pas à elle seule la somme de son mouvement ; et ce serait en vain que vous considéreriez sa vitesse comme infiniment grande, si vous me permettez de considérer sa masse comme infiniment petite ; puisqu'un corps dont la vitesse serait infinie et dont la masse serait égale à zéro, n'aurait pas plus de mouvement qu'un corps dont la masse serait infinie et dont la vitesse serait égale à zéro.

Le boulet doit donc arriver, et arrive en effet à la surface de l'eau par une grande parabole dont l'approche de l'eau ne change pas les élémens ; il pénètre alors dans l'intérieur de l'eau ; mais comme les couches qu'il écarte cèdent plus facilement dans leur direction vers la surface de l'eau que dans toute autre direction, le boulet se rapproche davantage de la surface de l'eau, qu'il n'aurait dû s'en rapprocher d'après la direction de son mouvement. Il s'écarte donc de la perpendiculaire, et décrit dans l'intérieur de l'eau une courbe que les géomètres désignent sous le nom de *courbe de moindre résistance.* Cette courbe le ramène à la surface de l'eau, et il en sort en continuant sa route, par une parabole ascendante qui serait semblable à la parabole descendante qu'il avait décrite, s'il n'avait pas communiqué à l'eau une portion de son mouvement impulsif.

Le globule lumineux, au contraire, se dirige en ligne droite vers la surface de l'eau ; et comme, avant de toucher l'eau, il faut qu'il tombe dans la sphère d'attraction des molécules de la surface, il se détourne vers elle et

décrit une parabole qui le rapproche de la perpendiculaire. Lorsqu'il a pénétré dans l'eau à une profondeur suffisante pour être également attiré dans tous les sens, il se meut dans la tangente de cette parabole; mais cette ligne droite, oblique au plan de la surface, est bientôt courbée, parce que, en traversant le calorique de l'eau, qui est plus comprimé vers la profondeur de l'eau qu'il ne l'est vers sa surface, le globule lumineux doit, comme le boulet, décrire *une courbe de moindre résistance* et revenir à la surface de l'eau. Il tend alors à s'échapper en ligne droite par la tangente de cette nouvelle courbe; mais il en est empêché par l'attraction des molécules de la surface; attraction qui, n'étant que partiellement compensée par l'attraction des molécules placées en arrière de la ligne de mouvement, doit produire un effet; et cet effet sera précisément le même que celui qu'avait produit l'approche des premières molécules de l'eau, c'est-à-dire, que la branche de la parabole ascendante sera parfaitement égale à la branche de la parabole descendante, et que dès lors le globule qui suivra sa route en s'échappant par la tangente de cette nouvelle courbe, formera avec la surface de l'eau, ou avec la perpendiculaire à cette surface, un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence.

La même chose aura lieu s'il tombe obliquement (1)

(1) Si l'atome tombait perpendiculairement sur le plan du miroir, il ne serait point réfléchi; mais comme il n'y a qu'une seule ligne perpendiculaire pour des milliards de lignes obliques, la perte des perpendiculaires absolues doit être comptée pour rien dans la réflexion de la lumière.

sur la surface d'un miroir métallique ; avec cette seule différence que la plus grande pression du calorique intérieur de ce miroir, présentant au globule une résistance plus forte que celle du calorique de l'eau, il n'y pénétrera qu'à une plus petite profondeur ; mais il décrira toujours dans l'intérieur de ce corps, quelque dense qu'il puisse être, la courbe de *moindre résistance* indispensable à la réflexion.

La même chose aura encore lieu si l'atome, après avoir traversé le vide, tombe obliquement sur un fluide ; avec cette seule différence qu'il y pénétrera à une plus grande profondeur, et que la courbe qu'il décrira aura une plus grande amplitude.

Si, dans ce cas, le fluide était composé de couches d'inégale densité, le globule y pénétrerait et en sortirait par une série indéfinie de paraboles ; mais le résultat total serait le même que si, en sortant du vide, il était entré dans un fluide d'une densité uniforme et égale à la densité de la plus dense de toutes les couches que le globule a traversées. (Newton l'a démontré.)

Cette disposition des couches fluides de densité croissante de la circonférence au centre, qui a lieu dans les atmosphères planétaires, a également lieu dans l'atmosphéroïde de la plus petite des molécules de l'air ; et comme les atmosphéroïdes de l'air, et à plus forte raison celles du fluide élémentaire, forment des sphères immenses, comparativement au diamètre de leur molécule centrale et au diamètre des atomes de la lumière, il n'existe pas, dans toute l'étendue du ciel, une seule atmosphéroïde qui ne réfléchisse quelques atomes de lumière vers tous les points de l'espace ; et c'est de l'en-

semble de ces réflexions, beaucoup plus que de la lumière directe des étoiles, que résulte la douce clarté à laquelle nous avons donné le nom de nuit, pour la distinguer de la clarté éblouissante du jour.

Lorsque la lumière réfléchie par toutes les atmosphéroïdes disséminées dans l'espace est sensiblement égale, nous n'y distinguons aucune partie éclairée, et nous avons besoin de notre raison pour nous persuader que le ciel est en effet éclairé; mais s'il arrivait que quelque région du ciel se trouvât accidentellement plus éclairée, ou moins éclairée que les autres, nous la distinguerions des régions voisines, ou par sa plus grande clarté, ou par sa plus grande obscurité. Telle est la clef des phénomènes lumineux qui se manifestent dans le ciel; et il ne s'agit plus, pour faire à chacun d'eux l'application de cette théorie, que de déterminer par les lois du mouvement, quelles sont les causes qui produisent, dans une certaine partie de l'espace, une plus grande clarté ou une plus grande obscurité.

Je n'ai considéré jusqu'ici qu'un seul globule lumineux, et l'on pourrait penser que ce globule ne peut être réfléchi par les corps sans perdre une partie de son mouvement primitif; ce serait une erreur; et il est aisé de prouver qu'en général la lumière réfléchie doit se mouvoir avec la même vitesse que la lumière directe.

Un globule lumineux n'est point un projectile isolé; la continuité de l'émission de la lumière solaire convertit chacune des plus petites divisions de cette lumière en un fil d'une longueur indéfinie qui se rattache au soleil et qui attache, les uns aux autres, tous les corps réfléchissans. Le retard qu'éprouve un atome par la perte

d'une partie de son mouvement, se communique à tous les autres atomes, et c'est de ces pertes partielles combinées avec la vitesse du mouvement primitif, que se compose le moyen mouvement de la lumière. Mais la somme de ces pertes partielles ne doit pas être considérable; car du moment que l'atome qui commence le fil s'est ouvert un passage entre les atomes du calorique, la route qu'il a frayée est nécessairement parcourue par tous les atomes du même fil. Si l'atome conducteur se trouve absorbé ou trop brusquement détourné de la direction de sa route, le fil lumineux se rompt, et un nouvel atome, tombant sur un autre point, se fraye un nouveau passage.

La courbe de moindre résistance que le fil lumineux décrit dans l'intérieur des corps, ne le ramène pas toujours vers la surface sur laquelle il est tombé; et il arrive souvent qu'avant d'avoir atteint le sommet de la courbe, le fil lumineux parvient à la surface opposée; il s'échappe alors par la tangente de cette courbe, mais si cette tangente est oblique à la nouvelle surface, les molécules de cette surface exercent sur le fil une attraction dont il résulte une nouvelle parabole; et ce sera, en dernière analise, la tangente de la secon de parabole qui déterminera la direction du fil lumineux.

L'angle que forme cette tangente avec la perpendiculaire à la première surface, constitue l'angle de *réfraction.*

Si l'angle de réfraction était égal à l'angle d'incidence, la réfraction serait nulle; mais la différence qui se trouve entre ces deux angles, constitue le degré de réfraction, c'est-à-dire, le degré de déviation qu'un corps occasionne à la lumière qui le traverse obliquement.

Que la lumière soit réfléchie ou qu'elle soit réfractée, elle décrira donc toujours, dans l'intérieur des corps, une courbe qui a pour élément principal l'inégalité de résistance du calorique, et pour élément accessoire et secondaire l'attraction prédominante qu'exercent sur elle les molécules qui se trouvent, soit en plus grand nombre, soit plus rapprochées d'elle.

La seule différence essentielle qui existe entre les deux courbes, c'est que la courbe qui précède la réflexion a un sommet et deux branches, au lieu que la courbe qui précède la réfraction n'a qu'une seule branche qui ne peut jamais parvenir jusqu'à son sommet, parce que si elle y parvenait, l'attraction l'emporterait sur la direction du mouvement impulsif et convertirait la courbe de réfraction en courbe de réflexion.

Des couleurs.

325. On a donné le nom de transparens ou *diaphanes* aux corps qui laissent passer la lumière, et le nom d'*opaques* à ceux qui s'opposent à son passage.

Un corps parfaitement diaphane serait celui qui laisserait passer toute la lumière; et comme il n'y a point de corps qui n'absorbe ou ne réfléchisse quelques parcelles de lumière, il en résulte qu'il n'y a point dans la nature de corps parfaitement diaphanes.

Un corps parfaitement opaque serait celui dans l'intérieur duquel aucun atome de lumière ne pourrait pénétrer, et comme tous les corps réfléchissent plus ou moins de lumière, et que la lumière ne peut être réfléchie par les corps qu'après avoir pénétré dans leur intérieur, il en résulte qu'il n'y a point dans la nature de corps qui soient

parfaitement opaques, et que tous les corps que l'on appelle opaques deviendraient diaphanes (1), s'il était possible de les diviser en feuillets aussi minces que celui dans l'épaisseur duquel la lumière réfléchie accomplit la courbe de moindre résistance.

Tous les corps qu'on appelle diaphanes deviendraient, au contraire, opaques, si l'on pouvait en former une couche assez épaisse pour que la lumière, en les traversant sous un angle d'une très-petite obliquité, pût parvenir jusqu'au sommet de la courbe dont la continuation détermine la réflexion (2).

Il y a une portion de la lumière qui n'est ni réfléchie, ni transmise par les corps, mais qui est absorbée par eux. Cette lumière se confond alors avec le calorique des atmosphéroïdes, qui est plus ou moins mélangé de lumière. La nouvelle combinaison n'est ordinairement que passagère, et la lumière absorbée par les corps s'en échappe lentement et invisiblement; mais quelquefois la combi-

---

(1) Le bord aminci du caillou le plus opaque paraît à la vue simple avoir un certain degré de transparence lorsqu'on le place entre la lumière et l'œil. L'action d'un acide peut amincir les substances métalliques blanches, au point de rendre leurs particules perméables à la lumière. (Newton, *Optice lucis, lib.* 2. *propos.* 2.)

(2) Une couche d'air horizontale de 30 à 40 lieues d'épaisseur est un corps opaque. Le Mont-Blanc, situé à 40 lieues de Lyon, n'est aperçu que très-rarement, et seulement dans le cas où, par l'effet des grands vents et des grandes pluies, l'air est devenu plus diaphane que dans son état ordinaire.

naison est durable, et la lumière accumulée dans les atmosphéroïdes y reste jusqu'au moment où elle est dégagée, d'une manière visible, par la combinaison rapide de ces corps avec l'oxigène.

Si un corps transmettait ou absorbait la totalité des rayons qu'il reçoit, il serait invisible; tous les corps visibles réfléchissent donc de la lumière.

S'ils en réfléchissent beaucoup, nous disons qu'ils sont *blancs;* s'ils en réfléchissent peu, nous disons qu'ils sont *noirs.*

Il n'y a ni blanc absolu, ni noir absolu; car on peut toujours supposer les corps plus blancs ou plus noirs qu'ils ne le sont; le blanc n'est donc en effet qu'un gris clair, et le noir qu'un gris sombre.

L'inégale densité des molécules de la lumière est cause que nous éprouvons une sensation particulière lorsque notre œil n'est frappé que par des molécules d'une certaine masse. Nous distinguons entr'elles ces sensations dont les nuances sont innombrables, et nous leur donnons le nom de *couleurs.*

Les corps qui ne réfléchissent que des molécules d'une certaine masse sont *colorés;* ceux qui réfléchissent indifféremment des molécules de toutes les masses sont *acolores.*

Les corps que nous appelons rouges ou verds, sont ceux qui réfléchissent plus de rayons propres à produire en nous la sensation du rouge ou du verd, que de rayons propres à produire les sensations des autres couleurs.

Une étoffe verte deviendra rouge si on l'éclaire uniquement avec des rayons rouges; mais une étoffe rouge,

flexion que l'eau eût, dans ce cas, une profondeur d'une ligne, ou une profondeur d'un pied.

Un prisme, sous un certain angle, transmet la lumière; mais il suffit d'augmenter cet angle d'une quantité très-petite pour qu'une partie de la lumière soit réfléchie; le filet de lumière qui est réfléchi, se détache alors du faisceau transmis, et il part d'un point voisin de la seconde surface placé au-dessous du sommet de la courbe qu'il a décrite dans l'intérieur du prisme.

Si, sans changer l'angle d'un prisme au travers duquel passe la lumière, on fait le vide au-dessous de la seconde surface, la lumière cesse de passer à travers le prisme et elle est réfléchie. Cet effet n'a lieu que parce qu'en supprimant l'air, on a détruit un corps dont l'attraction favorisait l'écoulement de la lumière et balançait avec avantage l'attraction que la seconde surface du prisme exerçait sur elle. Il est donc évident que, dans ce cas, la lumière n'est pas réfléchie parce qu'elle a effleuré la première surface, mais parce qu'après avoir traversé la première surface et même la seconde, le sommet de la courbe de moindre résistance s'est trouvé assez près de la seconde surface pour que l'attraction de cette seconde surface, qui n'est plus combattue par l'attraction de l'air, ait été suffisante pour rappeler la lumière dans l'intérieur du cristal et la forcer d'y achever la courbe qui devait produire la réflexion.

Le nom de Newton a donné une telle autorité à son système, que je crois prudent d'opposer, à cet égard, Newton à lui-même, et de transcrire ici un passage de son optique (*lib.* 2, part. 3, page 12), que l'on peut lire aussi

dans le Traité de physique de M. Haüy (n.° 728) :

« La disposition d'un rayon à être réfléchi ou réfracté par telle particule d'un corps, dépend à-la-fois des deux surfaces de cette particule, puisqu'il ne tient qu'à une différence plus grande ou plus petite entre ces surfaces, que le rayon ne soit réfléchi au lieu d'être réfracté, ou réciproquement. De là vient que si l'on mouille l'une ou l'autre des faces d'une lame très-mince de quelque substance, telle que le mica, les couleurs s'affaiblissent à l'instant ; d'où il faut conclure que *la réflexion* ou la réfraction, *se fait près de la seconde surface* ; car, si elle se faisait auprès de la première, ou *avant que le rayon eût pénétré dans la particule*, la seconde n'aurait aucune influence *sur la réflexion* ou la réfraction de ce rayon. De plus, la disposition dont il s'agit se propage et persiste dans le rayon, depuis la première surface jusqu'à la seconde ; autrement, lorsque le rayon est parvenu à cette seconde surface, la première n'entrerait plus pour rien dans l'action qui le détermine à être réfléchi ou réfracté. »

On croirait, d'après ce passage, que Newton lui-même pensait, ainsi que moi, que la lumière n'est réfléchie qu'après avoir pénétré dans l'intérieur des corps, mais on se tromperait ; et voici comment Newton explique le concours des deux surfaces.

Il suppose que les rayons « excitent dans les molécules des corps qui les réfractent ou les réfléchissent, *certaines vibrations qui se propagent d'une surface à l'autre*, mais de manière que leur *vitesse est plus grande que celle des rayons* eux-mêmes, en sorte qu'elles *prennent*, pour ainsi dire, les *devants*. Or, comme ces vibrations

consistent dans de petits mouvemens qui ont lieu alternativement en sens contraire ; si, au moment où le rayon arrive près du contact de la surface réfléchissante ou réfringente, le mouvement de vibration dans lequel il se trouve conspire avec celui du corps, le rayon sera transmis ; et si ce mouvement est opposé à celui du corps, le rayon sera *repoussé* et réfléchi. »

M. Haüy qui cite cette hypothèse (n.° 742) n'en paraît pas entièrement satisfait, et il observe « que la théorie de Newton n'est pas suffisante pour expliquer la raison par laquelle certains rayons sont transmis, tandis que d'autres sont réfléchis par une lame d'une épaisseur déterminée. »

L'observation de M. Haüy est très-juste; car ce n'est pas expliquer ce phénomène que de supposer gratuitement un mouvement de vibration tant dans les molécules des corps réfléchissans que dans les molécules de la lumière, et de supposer plus gratuitement encore que le mouvement de vibration imprimé par la lumière est plus rapide que celui de la lumière.

On ne peut pas trouver non plus que ce soit une réponse suffisante que de dire avec Newton, « que la lumière est dans un *accès de facile transmission*, lorsqu'elle est transmise, et dans un *accès de facile réflexion*, lorsqu'elle est réfléchie ».

En adoptant ma théorie, le partage qui se fait entre les rayons réfléchis et les rayons transmis, devient l'effet naturel de l'inégalité de résistance qu'éprouvent les fils lumineux, en traversant des corps qui ne sont homogènes qu'approximativement.

On sent, en effet, que lorsque le rayon se trouve au

point d'équilibre entre la transmission et la réflexion, la plus légère différence de résistance suffit pour donner à la courbe qu'il décrit une amplitude différente. Si l'amplitude est en excès, le rayon sera transmis; si elle est en moins, le rayon sera réfléchi.

Les diverses couleurs réfléchies par une lame transparente, suivant qu'elle est plus ou moins mince, sont le résultat de la différence d'amplitude des courbes que décrivent les rayons colorans soumis à la même puissance attractive.

Une bulle de savon récemment formée transmet la totalité de la lumière et ne réfléchit aucune couleur.

Mais comme cette bulle de savon augmente d'épaisseur à mesure que l'eau descend le long de ses parois, elle réfléchit d'abord les rayons *bleus* et successivement les *verds*, les *jaunes* et les *rouges*.

Si, dans cette expérience et dans quelques autres du même genre, les rayons violets et pourpres ne sont pas réfléchis, c'est qu'ils ont trop ~~de densité et surtout trop~~ peu de vitesse, pour pouvoir accomplir, en traversant deux fois la pellicule de la bulle, la courbe nécessaire à la réflexion. Il y a lieu de présumer qu'ils sont absorbés. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'on ne les distingue ni comme transmis, ni comme réfléchis.

Mais il est essentiel d'observer que, dans cette expérience et dans toutes les expériences analogues, les couleurs, quelque soit leur nombre, sont réfléchies dans l'ordre de leur réfrangibilité, c'est-à-dire, dans l'ordre inverse de leur vitesse respective.

L'ensemble des couleurs traverse d'abord la lame transparente; mais à mesure qu'elle s'épaissit, une partie de la

lumière est réfléchie ; et puisque dans cette imparfaite analise des couleurs, on n'en distingue que quatre, et que l'*orangé* s'y trouve confondu en partie avec le *jaune* et en partie avec le *rouge*, tandis que le *pourpre* et le *violet* sont absorbés, dispersés, ou confondus avec le *bleu*, la première des quatre couleurs réfléchies doit être nécessairement celle d'entr'elles qui se meut avec le plus de lenteur, c'est-à-dire, le bleu ; car puisque toutes les quatre ont traversé, dans les premiers momens, les deux surfaces de la lame transparente, la plus fortement attirée par la surface intérieure de cette lame doit être la première de toutes qui soit forcée de rétrograder et de traverser la lame une seconde fois.

A mesure que l'épaisseur de la lame augmente, sa force attractive augmente dans la même proportion, et la même raison qui avait fait paraître le bleu avant le verd, doit faire paraître le verd avant le jaune et le jaune avant le rouge.

Jusqu'ici le phénomène n'a rien d'extraordinaire ; mais il va bientôt se compliquer.

Le bleu qui était réfléchi cesse de l'être dès que le verd paraît ; celui-ci est chassé par le jaune qui lui-même est chassé par le rouge ; et lorsque le rouge a disparu, le bleu est réfléchi de nouveau et les trois autres couleurs reparaissent à leur tour. Le même phénomène se renouvelle quatre à cinq fois ; mais à chaque apparition nouvelle, les couleurs deviennent moins pures et moins distinctes.

J'entreprends de prouver que l'épaississement graduel d'une lame mince et transparente doit nécessairement produire ces effets.

Au moment où le bleu se manifeste, la lame a acquis

une épaisseur déterminée et qui ne peut être moindre, puisque lorsqu'elle était moindre, le bleu la traversait, et qui ne peut pas non plus augmenter sans perdre la propriété de réfléchir le bleu.

Je dois d'abord expliquer cette singularité qui attache successivement les quatre couleurs à quatre degrés différens d'épaisseur.

Le bleu avait paru au moment où sa ligne d'émergence s'était trouvée former, avec le plan de la *surface d'émergence*, un angle assez aigu pour que la puissance attractive de cette surface l'emportât sur la direction du mouvement impulsif; mais la nouvelle épaisseur que la lame a acquise, augmentant la puissance attractive de la *surface d'incidence*, a changé les élémens de la courbe que le bleu décrivait, avant cet épaississement. Sa ligne d'émergence, ou ce qui revient au même, la tangente de sa courbe d'émergence, a formé un angle moins aigu avec le plan de la surface d'émergence, et il a échappé au pouvoir attractif de cette surface, quoique ce pouvoir fût alors plus grand qu'auparavant, parce qu'en fait de gravitation (puissance qui n'augmente qu'en raison directe des masses, tandis qu'elle diminue en raison du carré de l'éloignement), l'excès de puissance acquis par une très-petite augmentation de masse, ne peut équivaloir à la perte de puissance, résultante d'une très-petite augmentation d'éloignement.

Maintenant que l'on conçoit la raison pour laquelle la lame n'a pu réfléchir le bleu qu'après avoir acquis un certain degré d'épaisseur et a dû cesser de le réfléchir après avoir passé ce degré, je puis caractériser la lame qui a l'épaisseur convenable pour réfléchir le bleu,

en lui donnant la dénomination de *lame du bleu*; mais comme le bleu reparaîtra à d'autres degrés d'épaisseur, je distinguerai ces diverses épaisseurs par les désignations de *lame du premier bleu*, *lame du second bleu*, et ainsi de suite.

Je ne connais pas l'épaisseur absolue de la lame du premier bleu; mais la régularité des apparitions et des disparitions successives des autres bleus devant dépendre d'un certain rapport entre l'épaisseur de la lame du premier bleu et l'épaisseur des lames du second, du troisième et du quatrième bleu, il ne s'agit plus que de le déterminer.

Or, ce rapport doit être tel qu'il puisse ramener la ligne d'émergence du bleu sous un angle semblable à celui qu'elle formait avec la surface d'émergence à l'époque où le premier bleu a paru.

L'expérience, d'accord avec la réflexion, m'a appris qu'une nouvelle épaisseur ajoutée à la lame du premier bleu était un obstacle qui s'opposait à la réflexion du bleu; mais l'expérience m'apprend aussi que cet obstacle est détruit par une certaine augmentation d'épaisseur; j'en cherche la cause et je la trouve dans une épaisseur triple de la première.

Un fil lumineux qui traverse obliquement une lame d'une certaine épaisseur, décrit dans l'intérieur des deux moitiés de cette épaisseur, deux courbes différentes.

En traversant la première moitié, la résistance du calorique, qui est plus grande vers la plus grande profondeur que vers la surface, ramène le rayon d'une certaine quantité vers la surface d'incidence.

Mais lorsqu'ensuite le rayon traverse l'autre moitié de

l'épaisseur, la même cause le ramène vers la surface d'émergence.

Ces deux déviations, étant égales et opposées, se détruisent.

Si je suppose cette même épaisseur totale partagée en quatre épaisseurs, ou en dix épaisseurs, je conçois également que l'effet produit par l'une de ces épaisseurs, considérée isolément, sera détruit par l'épaisseur correspondante placée au-delà du milieu.

Je reviens maintenant à ma lame du premier bleu, et je suppose que son épaisseur soit triplée : il est évident que, dans ce cas, on pourra considérer cette épaisseur totale comme composée de trois lames, ayant chacune une épaisseur égale à celle de la lame du premier bleu.

L'incidence du rayon étant restée la même, il éprouvera, en traversant la lame du milieu, un effet semblable à celui qu'il avait éprouvé la première fois; mais il éprouvera en outre quatre autres effets.

En traversant la première lame, il sera ramené d'une certaine quantité vers la surface d'incidence; en traversant la troisième lame, il sera ramené de la même quantité vers la surface d'émergence.

En approchant du point d'incidence, il aura été plus fortement dévié vers la perpendiculaire; mais en sortant du point d'émergence, il aura été plus fortement écarté de la perpendiculaire.

Les deux lames externes agissant également et en sens contraire, détruiront réciproquement leurs effets particuliers; et l'effet total sera déterminé par la lame du milieu, dont l'épaisseur est égale à celle de la lame du premier bleu.

Le même résultat aura lieu si l'épaisseur de la lame du premier bleu devient quintuple ou septuple ; car dans ce cas, il y aura cinq ou sept lames égales ; et comme l'influence des deux ou trois supérieures sera détruite par l'influence des deux ou trois inférieures, le rayon obéira seulement à l'influence de la lame du milieu, c'est-à-dire, à une puissance égale à celle qui avait déterminé la première réflexion du bleu.

L'expérience vient ici à l'appui de la théorie : Newton ayant exposé à un rayon incident sous un certain degré d'obliquité, plusieurs lames de mica de même épaisseur, éprouva que toute couleur qui était *réfléchie* par *une* lame seule, était *transmise* par *deux* lames, *réfléchie* par *trois* lames, *transmise* par *quatre*, *réfléchie* par *cinq*, et ainsi de suite.

Moins une couleur est réfrangible, plus la lame propre à la réfléchir doit être épaisse, parce que la moindre réfrangibilité rend la couleur moins attirable à égal degré de proximité.

C'est cette inégalité dans l'épaisseur des lames *efficaces*, c'est-à-dire, propres à réfléchir les couleurs, qui est cause que, dans l'expérience de la bulle de savon, les couleurs paraissent isolément et successivement, et que dans leur retour, elles conservent sinon la même isolation, du moins un caractère de prédominance qui sert à les faire distinguer, mais qui doit nécessairement s'effacer par degré, parce qu'il est impossible que les rapports d'épaisseur des lames propres à produire les couleurs de troisième ou de quatrième ordre, se trouvent semblables aux rapports d'épaisseur des lames propres à produire les couleurs de premier ou de second ordre.

J'établis cette impossibilité par le tableau suivant, dont on pourra varier les bases sans jamais trouver un rapport propre à conserver l'isolation des couleurs de quatrième ou de cinquième ordre.

Je suppose que la différence d'épaisseur de la lame du premier bleu à celle de la lame du premier verd, soit d'un sixième seulement; que sa différence à celle de la lame du premier jaune soit d'un quart; et qu'enfin sa différence à celle de la lame du premier rouge soit d'un tiers:

	1.er ordre.	2.e ordre.	3.e ordre.	4.e ordre.	5.e ordre.	6.e ordre.
Bleu	1.	3.	5.	7.	9.	11.
Verd	$1\frac{1}{6}$.	$3\frac{1}{6}$.	$5\frac{1}{6}$.	$8\frac{1}{6}$.	$10\frac{5}{6}$.	$12\frac{1}{6}$.
Jaune	$1\frac{1}{4}$.	$3\frac{3}{4}$.	$6\frac{1}{4}$.	$8\frac{3}{4}$.	$11\frac{1}{4}$.	$13\frac{3}{4}$.
Rouge	$1\frac{1}{3}$.	4.	$6\frac{2}{3}$.	$9\frac{1}{3}$.	12.	$14\frac{2}{3}$.

Quoique j'aie choisi dans ce tableau hypothétique, les proportions les plus favorables à la conservation de l'ordre des apparitions, on y voit que le bleu du cinquième ordre doit paraître avant le rouge du quatrième, et que le bleu du sixième ordre ne doit paraître qu'après le jaune et le rouge du cinquième. L'altération graduelle de la pureté des couleurs et l'apparition finale d'un blanc plus ou moins pur, résultant du mélange du plus grand nombre des couleurs, est donc un résultat inévitable de cette belle expérience.

Il arrive quelquefois que les couleurs réfléchies par la bulle de savon varient suivant la position de l'œil.

Cet effet doit avoir lieu quand la bulle n'est pas parfaitement sphérique, ou quand ses parois diffèrent en

épaisseur. Il peut dépendre aussi de la différence des angles d'incidence.

Newton a observé que, dans quelqu'endroit d'une lame mince que se fasse la réflexion d'une couleur, telle que le bleu, par exemple, il se fera, au même endroit, une transmission de la couleur opposée qui sera, en ce cas, ou le rouge ou le jaune.

Cette observation se concilie parfaitement avec ma théorie. Lorsque le bleu paraît, la couleur transmise ne doit pas être celle qui suit le bleu immédiatement, mais celle qui, telle que le rouge ou le jaune, se trouve à-peu-près également éloignée des deux épaisseurs qui doivent la réfléchir. L'effet de la paroi dont l'épaisseur croît graduellement, doit être, à cet égard, le même que celui des lames de mica superposées ; et l'on a vu que la couleur réfléchie par une, trois ou cinq lames, était transmise par deux, quatre ou six lames.

L'explication que je viens de donner convient également aux anneaux colorés produits par une couche d'air ou d'eau remplissant l'espace qui se trouve entre un verre plan et un verre convexe ; car les deux expériences ne diffèrent qu'en ce que, dans la première, l'épaisseur de la lame réfléchissante croît par degrés, au lieu que, dans la seconde, les épaisseurs proportionnelles se présentent toutes en même temps : mais dans ce dernier cas, l'expérience se trouve compliquée, tant par la réfraction que la lumière éprouve en traversant le verre convexe, que par la réflexion d'une partie de la lumière qui tombe sur le verre plan.

Si l'on pouvait éteindre ces deux lumières accidentelles, on se convaincrait que la répétition des couleurs présentées par les anneaux les plus voisins du point de contact a lieu par des couches dont l'épaisseur est à celle de la première, comme trois, cinq ou sept sont à un.

On a remarqué que les couleurs réfléchies par les corps opaques, n'étaient jamais aussi pures que celles qui sont réfléchies par les lames transparentes.

La chose doit être ainsi, parce que la couche diaphane qui recouvre toujours les corps opaques et dans l'intérieur de laquelle circulent les couleurs avant leur réflexion, doit toujours être moins diaphane vers sa profondeur que vers sa surface, et qu'elle doit, par cette raison, absorber une partie des rayons colorans : circonstance qui ne peut avoir lieu dans les lames transparentes qui sont en contact avec l'air, c'est-à-dire, avec un corps plus diaphane qu'elles.

On a remarqué enfin que les couleurs produites par les lames transparentes étaient d'autant plus vives, que le milieu dans lequel se trouvent ces lames était plus rare.

Cette dernière observation complète la ~~preuve de la~~ certitude de ma théorie.

Lorsque la lumière traverse un milieu hétérogène et composé de corps qui, quoique tous diaphanes, agissent diversement sur la lumière, la diaphanéité de ce milieu est toujours moindre que celle de chacun des corps qui le composent; il arrive même quelquefois, que le milieu hétérogène devient entièrement opaque : cet effet a

lieu, notamment dans un mélange d'air et d'eau ou d'eau et d'huile.

Or, si vous mouillez la seconde surface d'une lame de mica, il doit arriver, d'après ma théorie, que le rayon colorant, après avoir traversé cette lame, traversera l'eau avant d'achever la courbe de réflexion. La déviation particulière que l'eau lui fait éprouver, doit donc disperser quelques-uns des rayons colorans, ou devenir cause qu'il se mêlera avec la couleur dominante quelques rayons d'une autre couleur. Les couleurs réfléchies par une lame mouillée devront donc être moins pures et moins vives que lorsque la seconde surface de cette lame sera en contact immédiat avec l'air.

Mais comme l'air, sous la pression atmosphérique, exerce sur la lumière une ~~réfraction~~ affaiblissement sensible, il en résulte qu'on doit obtenir une lumière plus pure et plus éclatante encore, lorsque la seconde surface de la lame transparente correspondra au récipient d'une machine pneumatique, dans lequel on aura fait le vide.

Des couleurs accidentelles.

326. Jurin, Buffon, le père Scherffer et Æpinus se sont beaucoup occupés de certaines couleurs auxquelles on a donné le nom d'*accidentelles* : ce sont celles qui manifestent les spectres que nous voyons ou que nous croyons voir, lorsque nos yeux ont été fatigués, soit par une lumière trop vive, soit par une attention trop soutenue.

Lorsqu'on a fixé le soleil pendant quelque temps, ce qui ne peut avoir lieu que lorsqu'il est près de l'horizon,

et qu'on porte ses regards vers quelqu'autre objet, ou qu'on les laisse errer dans l'espace, on voit un spectre quelquefois verd et quelquefois bleu.

Si l'on regarde fixement, et pendant long-temps, une tache rouge, on voit d'autres taches d'un verd tendre tirant un peu sur le bleu.

Après avoir fixé une tache jaune, on voit du bleu.

Si la tache est verte, on voit du pourpre pâle.

Si elle est bleue, on voit du rouge pâle.

Si elle est noire et fixée sur un fond blanc, on voit du blanc.

Et si elle est blanche et fixée sur un fond noir, on voit du noir.

Tels sont les effets les plus ordinaires de la fatigue occasionnée par l'attention avec laquelle on observe certaines couleurs; mais ces effets ne sont pas constamment les mêmes pour tous les individus.

Le phénomène des couleurs accidentelles est plutôt du ressort de la physiologie que du ressort de la physique.

Nos sensations subsistent encore quelque temps après que la cause qui les a occasionnées a cessé; et il en est, à cet égard, de la vision trop fortement excitée, comme du toucher après une percussion : le coup a été instantané, mais la sensation se prolonge et ne cesse que par degrés.

Les couleurs que notre organe fatigué ou ébloui continue de voir, ne sont plus celles qu'il a vues; mais la sensation qui, dans ce cas, se prolonge en s'affaiblissant, doit être analogue à celle que produirait une couleur plus faible que nous verrions réellement.

La sensation de la vision s'éteint ordinairement avec l'objet qui la cause, parce que c'est une espèce de toucher très-délicat, et que nous rendons plus délicat encore en rétrécissant nos pupilles, lorsque la lumière est trop vive.

Le physicien qui, pour faire une expérience sur l'organe de la vue, le fatigue volontairement, est puni de sa curiosité par une illusion qui est une maladie momentanée. On a découvert que les symptômes de cette maladie étaient, à quelques exceptions près, les mêmes chez tous les individus, et que la convulsion du nerf optique ne cessait, qu'après avoir rapporté à l'organe des sensations certaines couleurs imaginaires dont l'impression, lorsqu'elles sont vraies, est moins forte que celle des couleurs qui avaient irrité l'organe. Cette découverte, d'un très-faible intérêt pour la science, ne méritait pas les peines que des hommes d'un très-grand mérite se sont données pour la faire et la constater.

Il résulte, au surplus, de leurs expériences à cet égard, la confirmation d'un point de fait dont on doutait autrefois et dont on ne doute plus aujourd'hui, c'est que les couleurs n'existent ni dans les corps ni dans la lumière, et qu'elles ne sont que des noms qu'il nous a plu de donner à certaines modifications dont est susceptible le plus délicat de nos sens.

De quelques inventions propres à augmenter ou à modifier l'action de la lumière.

La marche de la lumière, soit blanche, soit colorée, se trouvant sensiblement régulière dans la presque tota-

lité des phénomènes produits par la réfraction et par la réflexion, a été soumise aux lois de la géométrie. Les lunettes, les télescopes et les microscopes ont été ou inventés ou perfectionnés par des géomètres, et c'est à ces machines qu'une grande partie des sciences exactes et particulièrement l'astronomie et l'histoire naturelle, ont dû leurs rapides progrès. Ces instrumens pouvant eux-mêmes être considérés comme des phénomènes lumineux, méritent une attention particulière. Le plus simple de tous et celui dont l'invention a conduit à l'invention de tous les autres, est la double lunette, dont les vieillards se servent.

Des lunettes-bezicles.

327. La nature en plaçant, sous les pieds de l'homme, les laves volcaniques, lui avait appris que le sable mêlé avec certains corps et soumis à un feu violent pouvait être liquéfié, et que dans ce nouvel état il était perméable à la lumière.

Des siècles s'écoulèrent cependant avant l'invention du verre.

Les anciens le connurent, mais il ne fut pour eux qu'un objet de luxe. Ils ignorèrent, et les modernes ignorèrent eux-mêmes jusqu'à la fin du 13e. siècle, qu'un petit disque de verre légèrement convexe pouvait rendre aux vieillards la jouissance du plus précieux des organes.

Dans le dictionnaire Italien de l'académie *della Crusca*, on lit ces paroles au mot *Occhiali* :

« Frère Jordanus de Rivalto, qui finit ses jours en 1311,

a fait un livre en 1305, dans lequel il dit qu'on a découvert *depuis vingt ans*, l'art utile de polir des verres à lunettes.

Il est bien étonnant que frère Jordanus n'ait pas su le nom de l'auteur de cette découverte ; et s'il le savait, il est plus étonnant encore qu'il n'en ait pas fait mention. Étrange ingratitude des hommes envers les inventeurs ! Celui dont une statue aurait dû conserver les traits, est mort pauvre et dédaigné ; et son nom plongé dans l'oubli eût été éternellement ignoré, si une modeste pierre sépulcrale ne l'avait conservé. Cette pierre plus digne que beaucoup d'autres du titre de pierre précieuse, ne fut trouvée que vers le commencement du 18.e siècle, et ce fut Maria Manni qui, dans un petit livre intitulé *de gl'ochiali del naso*, apprit aux érudits de l'Europe que l'inventeur des besicles était né à *Florence*, et qu'il s'appelait Salvino de gl'Armati.

Ombre d'un bienfaiteur de l'humanité, reçois l'hommage de ma reconnaissance ; et puisqu'il m'eût été impossible sans toi de pouvoir écrire cet ouvrage dont la composition fit une diversion puissante aux ennuis de ma vieillesse, je veux que la postérité, si jamais il lui parvient, puisse y lire ton nom écrit en majuscules. Honneur à la ville qui t'a vu naître et où ta cendre repose ! honneur surtout à toi heureux ou ingénieux SALVINO DE GL'ARMATI !

Deux causes rendent les besicles nécessaires aux vieillards.

L'effet naturel de l'induration des solides graduellement croissante à mesure qu'on avance en âge, rend la cornée

et le cristallin (1) moins diaphanes, et la lumière qu'ils reçoivent est en partie absorbée.

A mesure que la cornée s'endurcit, sa convexité diminue, et la lumière qui n'est plus alors assez réfractée, ne peut converger sur la rétine que lorsque les cônes lumineux sont lancés par des objets éloignés ; parce que dans ce cas ils n'ont qu'une faible divergence, et n'ont pas besoin dès lors d'une réfraction aussi forte pour être ramenés au foyer.

Les verres convexes des besicles remédient à-la-fois à ces deux inconvéniens.

En diminuant la divergence des cônes, ils font entrer dans la pupille une plus grande quantité de lumière, et cette lumière moins divergente, a un foyer plus rapproché : artifice merveilleux, au moyen duquel des images qui auparavant étaient sombres et confuses, deviennent claires et distinctes.

Quelques personnes ont une infirmité contraire à celle des vieillards. Leur cornée ou leur cristallin trop convexes réfractent trop fortement la lumière, dont le foyer tombe alors en deçà du point où elle devrait tomber pour que la vision fût distincte.

Ces personnes qui ne peuvent distinguer les objets que lorsqu'ils sont très-voisins de l'œil sont appelés *myopes*, et l'on donne le nom de *presbytes* à ceux qui ne voient distinctement que les objets éloignés.

Les besicles dont se servent les myopes ont des verres concaves dont l'effet est d'augmenter la divergence des cônes lumineux et conséquemment d'éloigner les foyers

(1) Voyez ci-après la description de l'œil.

Huyghens composa, sur le même principe, une grande lunette, à laquelle il donna le nom de *télescope aérien*, parce que les verres n'étaient point renfermés dans un tuyau; et ce fut à l'aide de ce télescope, qu'il découvrit l'*anneau de Saturne* et un de ses satellites: découverte qui n'était pas moins importante, pour la science, que celle de la rotation du soleil; car si celle-ci apprenait aux hommes que le soleil avait reçu un choc qui l'avait lancé dans l'espace, la découverte de l'anneau de Saturne leur apprenait qu'il existait des corps célestes qui n'avaient point été lancés, mais qui s'étaient formés par précipitation.

Ces deux découvertes si promptes, et celle de l'instrument sans lequel elles n'eussent jamais été faites, me donnent l'intime conviction qu'il entrait dans les vues de la Providence, qu'à une certaine époque de la durée, les secrets de l'univers fussent dévoilés aux habitans de la terre.

Du microscope.

329. Le *microscope* ne diffère du télescope que parce que le foyer de l'objectif est beaucoup plus court. Le but des microscopes est d'apercevoir distinctement toutes les parties d'un petit corps. Pour cet effet, on éclaire fortement l'objet, afin qu'il puisse réfléchir plus de rayons, et on reçoit ces rayons sur une lentille très-convexe qui, par cette raison, a son foyer très-rapproché.

Si l'on plaçait l'objet au foyer de la lentille, il n'y aurait point d'image; les rayons sortiraient parallèles; ce ne serait pas alors un microscope, ce serait une *loupe*,

et l'œil placé près de cette loupe verrait l'objet lui-même et non pas son image.

Des télescopes de réflexion.

330. L'idée de substituer des miroirs concaves et métalliques aux verres à lunettes, est due au père *Mersenne*; mais il ne l'exécuta pas; et ce ne fut que quinze ans après, que parurent les premiers *télescopes de réflexion.*

Ces télescopes furent construits d'après trois différentes méthodes, savoir : celle de Grégorie, celle de Cassegrain et celle de Newton.

Dans le télescope *Grégorien*, le miroir concave est percé d'un trou d'un demi-pouce; les rayons qui convergent à son foyer sont reçus, après leur divergence, par un petit miroir concave qui les rassemble dans un nouveau foyer d'où ils divergent encore pour entrer dans l'oculaire placé derrière le grand miroir et dans la direction du trou.

Le télescope de *Cassegrain* ne diffère de celui de *Grégorie* qu'en ce que le petit miroir est *convexe* au lieu d'être *concave* (1); ce qui fait qu'il n'y a qu'une seule

---

(1) Le miroir concave réfléchit les rayons en les rassemblant : le miroir convexe les réfléchit en les dispersant.

Un corps qui laisse passer les rayons produit l'effet contraire : s'il est convexe, il les rassemble; s'il est concave, il les disperse.

Dans tous les cas, les rayons se dirigent toujours vers la partie de la surface des corps opaques ou diaphanes, qui par la nature de son inclinaison, les attire davantage.

image au lieu de deux, et que l'objet y est vu renversé, au lieu d'être vu dans sa position naturelle.

La cause de ce renversement est facile à comprendre.

Après que les rayons de la lumière ont été ramenés les uns vers les autres jusqu'au foyer, ils se croisent pour former l'image qui se dessine toujours un peu au-delà du foyer. Les rayons qui partaient du haut de l'objet se trouvent en bas, et ceux qui partaient de la droite se trouvent à la gauche; l'image doit, dès lors, représenter l'objet renversé, et l'on ne peut le redresser qu'en faisant subir aux rayons une nouvelle réunion et en les forçant de se croiser une seconde fois pour produire une seconde image qui renverse la première.

Il est également facile de comprendre pourquoi les télescopes à verre ou à miroir grossissent les objets.

La grandeur comparative des corps n'est, par rapport à nous, que la grandeur comparative des images que les corps forment dans notre œil; car notre œil est lui-même un objectif qui produit des images à son foyer.

La grandeur des images formées dans notre œil est toujours proportionnelle à la grandeur de l'angle sous lequel les objets sont vus.

Cet angle qu'on appelle *angle visuel* ou *angle optique*, part de notre œil et va former un triangle qui a pour base la grandeur apparente des corps.

Cette grandeur apparente des corps varie suivant le degré d'éloignement où ils sont vus; et la loi de cette variation est on ne peut pas plus simple. Si vous tracez dans l'intérieur d'un triangle, une ligne parallèle à la base et qui partage la hauteur du triangle en deux parties égales, la longueur de cette ligne sera égale à la longueur de la

moitié de la base; mais l'œil qui est placé au sommet de ce triangle, voit sous le même angle la ligne du milieu et la ligne de la base; et ces deux lignes lui paraissent égales, quoique l'une soit double de l'autre. A quelque distance de la base que vous placiez la ligne intérieure, elle couvrira toujours la base, et la grandeur optique de toutes ces lignes inégales sera toujours, pour l'œil, une grandeur égale à celle de la base, parce que l'œil les voit toutes sous le même angle optique.

Dans les télescopes, ce n'est point l'objet qu'on voit, c'est son image. Le télescope qui grossit le plus, doit donc être celui qui produit l'image la plus grande; et si deux télescopes produisent deux images de la même grandeur, mais que l'un d'eux permette de voir l'image une fois plus près, celui-ci grossira les objets une fois plus que l'autre, parce que l'image, dans ce dernier cas, sera vue sous un angle optique d'une grandeur double.

Le télescope de *Newton* diffère de ceux de *Grégorie* et de *Cassegrain* en ce que le grand miroir concave n'est point percé; en ce que le petit miroir n'est ni convexe ni concave, mais plan et incliné de 45 degrés à l'axe du télescope; et enfin, en ce que l'oculaire convexe est placé sur le côté du télescope, dans la perpendiculaire à cet axe, tirée du centre du petit miroir. Ainsi, dans ce télescope, le grand miroir réfléchit les rayons qui viennent de l'objet, sur le petit miroir qui les réfléchit vers l'oculaire. Les rayons dont le miroir plan n'a ni retardé ni accéléré le rassemblement, achèvent leur réunion en un point situé entre le petit miroir et l'oculaire; et ce point, où se forme l'image, est placé au foyer de l'oculaire.

Le télescope de Newton, ne formant qu'une seule image, fait voir les objets renversés. Il est préférable à ceux de Cassegrain et de Grégorie, en ce qu'il grossit un sixième de plus; mais il est plus difficile à diriger vers les objets; car on n'y parvient qu'à l'aide d'une petite lunette parallèle au télescope, et que les Anglais ont appellée *trouveur*.

Lemaire, en 1728, simplifia le télescope de Newton, en supprimant le miroir incliné. Cette correction consiste à donner au grand miroir assez d'obliquité pour que l'image soit ramenée directement au foyer de l'oculaire. C'est d'après le système de Lemaire qu'ont été construits les merveilleux télescopes dont je vais parler.

Des télescopes de M. Herschell.

332. M. *Herschell*, aussi habile opticien que grand astronome, s'est appliqué particulièrement à soigner la fonte, la courbure et le poli de ses miroirs. Son usage était d'en préparer plusieurs pour le même instrument, et de n'en admettre aucun avant de l'avoir éprouvé. Il en avait préparé jusqu'à quatre-vingt pour un télescope de vingt pieds, qui grossissait les objets cinq ou six mille fois.

Mais ce magnifique instrument n'était lui-même qu'un essai, comparativement au grand télescope dont M. Herschell osa concevoir la possibilité et qu'il parvint à exécuter: instrument unique, par les dimensions de toutes les parties qui le composent et la perfection de son ensemble.

Ce fut en 1785 qu'il commença la construction de

la charpente énorme qui devait servir de support et de moteur à cette lunette gigantesque; et il préparait en même temps le grand miroir, dont le moule, la fonte et le poli exigeaient les plus grandes précautions. Il lui fallut quatre ans entiers pour achever son ouvrage.

On peut se former une idée de la puissance de l'instrument, lorsqu'on saura que Lalande a assuré que la nébuleuse d'Orion, qui n'est qu'une blancheur pâle et invisible à la vue simple, y répandait une lumière semblable à celle du jour en plein midi.

Voici, au surplus, les dimensions de ce colosse :

Sa longueur est de 39 pieds 4 pouces (1).

Son diamètre de 4 pieds 10 pouces.

Le diamètre de la surface concave du grand miroir est de quatre pieds.

L'épaisseur du miroir, égale dans toute son étendue, est de trois pouces.

Son poids, avant le polissage, était de 2118 liv.

Les progrès que l'astronomie a faits depuis trente ans sont dûs en grande partie aux télescopes de M. Herschell.

Des lunettes acromatiques.

159. Pendant que M. Herschell s'immortalisait en perfectionnant les télescopes de réflexion, Dollond, son compatriote, s'immortalisait, de son côté, par l'invention des lunettes acromatiques.

(1) Mesure anglaise, plus courte d'un onzième que celle de France.

Le riche désœuvré qui jouit, à l'Opéra, de la satisfaction de rapprocher de lui les objets que ses yeux ne font qu'entrevoir, ne se doute pas de la multitude d'essais, de raisonnemens et de calculs qui ont précédé la fabrication de sa lorgnette (1).

Les géomètres démontrent qu'une lunette ou un télescope ne grossissent les objets qu'en raison de la différence qui existe entre la longueur du foyer de l'objectif et la longueur du foyer de l'oculaire; et qu'ainsi, pour qu'une lunette puisse grossir cent fois les objets, il faut que l'objectif ait un foyer cent fois plus long que le foyer de l'oculaire.

Il est donc nécessaire pour grossir beaucoup les objets, d'avoir un objectif qui soit le segment d'une très-grande sphère, et un oculaire qui soit le segment d'une très-petite sphère.

On ne peut pas augmenter indéfiniment la longueur du foyer de l'objectif, parce qu'alors la lunette aurait une longueur demesurée; on ne peut pas non plus diminuer indéfiniment le foyer de l'oculaire, parce qu'à mesure qu'on le diminue, on diminue le nombre des rayons qui

---

(1) Les lorgnettes ne forment point d'images dans l'intérieur de l'instrument; ce ne sont que des loupes dont le foyer est prolongé à l'aide d'un oculaire concave. Telle est la raison pour laquelle elles ne renversent point les objets. Lorsque la lorgnette n'est pas acromatique, l'objet est vu un peu déformé et entouré d'une espèce d'arc-en-ciel; dans le cas contraire, la forme est bien conservée et ne présente point d'iris.

peuvent parvenir au foyer extérieur de l'oculaire, où se trouve l'œil de l'observateur.

Les verres de lunettes ont d'ailleurs deux inconvéniens qui ne permettent pas d'augmenter la lumière de l'image en augmentant la surface de l'objectif; c'est que l'on ne peut augmenter cette surface, sans prendre un plus grand segment de la sphère; et que plus le segment est grand plus il y a de différence entre les divers foyers où les rayons se croisent.

La réfraction de la lumière étant toujours proportionnelle à l'obliquité du plan sur lequel elle tombe, le nombre des foyers produits par une lentille est infini comme le nombre des plans obliques que présente la courbure d'une sphère; et plus ces plans sont obliques, plus les foyers qu'ils produisent sont rapprochés de la lentille. On conçoit dès lors que la différence qui existe entre l'inclinaison des plans voisins des bords d'une calotte et l'inclinaison des plans voisins du milieu d'une calotte, doit se trouver plus grande, à égalité de diamètre de la lentille, dans un segment d'une petite sphère que dans un segment d'une grande sphère.

Les rayons qui tombent sur un trop grand segment, se croisent avec trop d'inégalité dans leurs diverses inclinaisons; ils ne donnent plus une seule image, mais plusieurs images superposées; et ce sont les rayons des bords qui, étant plus réfractés, produisent l'image la plus voisine de la lentille. Les rayons qui sont les plus déviés sont en même temps les plus colorés; et lorsqu'ils se sont croisés, ils portent leurs couleurs sur les bords de l'image.

Ces deux effets de la courbure des lentilles, désignés par les géomètres, le premier par le nom d'*aberration*

de sphéricité, et le second par celui d'*aberration de réfrangibilité*, étant moins sensibles dans les télescopes de réflexion que dans les lunettes, avaient déterminé Newton et les astronomes qui l'ont suivi, à préférer les télescopes aux lunettes.

On regrettait cependant les lunettes, parce qu'elles sont plus légères et moins dispendieuses. Newton, Euler et quelques autres géomètres avaient proposé plusieurs moyens pour corriger les deux aberrations; ces moyens étaient infaillibles, mais inexécutables; et les expériences avaient été multipliées sans succès. Dollond résolut le problème.

Je vais tâcher de rendre intelligible la théorie qui le guida dans cette découverte.

Le verre d'un objectif peut être convexe des deux côtés, ou plan d'un côté et convexe de l'autre. Dans les deux cas, il ramène toujours les rayons vers l'axe; mais le verre bi-convexe a un foyer une fois plus rapproché que le verre plan-convexe, parce que la lumière y est réfractée deux fois dans le même sens.

Les opticiens se servent aussi, dans quelques cas, de verres concaves ou d'un côté seulement ou des deux côtés.

Les rayons qui tombent sur un verre concave, au lieu de se rapprocher de l'axe, s'en écartent; et ils s'en écartent une fois davantage lorsque le verre est bi-concave, que lorsque le verre est plan-concave.

Si un des côtés d'une lentille bi-convexe est emboîté dans la concavité d'un verre plan-concave, ces deux verres n'en forment plus qu'un seul, qui est alors plan-convexe.

Lorsque les verres sont de même nature, il ne résulte de cette disposition qu'un changement dans la longueur du foyer, et les aberrations restent les mêmes qu'elles auraient été si le verre plan-convexe eût été formé d'une seule pièce.

Mais il n'en est pas ainsi lorsque le verre plan-concave est formé d'un verre qui a la propriété de réfracter plus fortement la lumière que le verre bi-convexe; car, dans ce cas, le plan-concave détruit un peu l'effet du bi-convexe, et porte le foyer un peu plus loin que celui qui serait résulté d'un plan-convexe formé d'une seule pièce.

Mais le concave a aussi son aberration de sphéricité, qui tend à faire écarter davantage les rayons qui tombent près de ses bords et qui y trouvent un plan plus incliné que celui sur lequel ils tombent en approchant de son milieu.

Il devait donc arriver de cette ingénieuse disposition, que les rayons qui tombent successivement sur les bords du convexe et sur les bords du concave, trouveraient sur les bords du concave le remède à l'excès de déviation que les bords du convexe leur avaient occasionné; et ce remède paraissait devoir être proportionnel aux divers degrès de déviation, puisque la courbure du convexe correspondait parfaitement à la courbure du concave.

Il ne s'agissait plus que de régler l'instrument de manière à ce que la courbure extérieure de l'objectif, courbure que l'on pouvait varier à volonté, produisît un degré de réfraction qui ne fût ni plus fort ni plus faible que celui qui était nécessaire, pour que le redressement opéré par le concave, fît tomber sur

un même plan, les foyers qui devaient former l'image.

Les objectifs acromatiques de Dollond sont donc composés de deux objectifs (1) unis ensemble par le contact le plus parfait possible. L'un de ces objectifs est bi-convexe, et sa matière n'est autre chose que celle du verre ordinaire ; le second qui est plan-concave, est composé d'un verre combiné avec le plomb ; verre que les anglais appellent *flint glass*, et que nous appelons *cristal.*

Cette découverte aurait pu faire abandonner les télescopes, s'il avait été possible de se procurer des morceaux de *flint glass* pur et sans défaut, d'une grandeur suffisante ; mais cette impossibilité qui n'ôte rien au mérite de la découverte de Dollond, en a restreint l'utilité; et les plus fortes lunettes acromatiques, ne peuvent rivaliser qu'avec les télescopes d'une force médiocre.

Les lunettes de Dollond sont les meilleures de toutes les lunettes; mais leur perfection n'est pas absolue, car elles ne détruisent complettement ni l'aberration de sphéricité, ni l'aberration de réfrangibilité.

Si Dollond avait pu, en effet, réussir à faire tomber sur un même plan la totalité de la lumière refractée, l'aberration de sphéricité eût été détruite, et l'image

---

(1) Ils sont quelquefois composés de trois objectifs, savoir : deux bi-convexes de verre ordinaire, et un bi-concave dans le milieu; mais comme l'explication est de même nature dans cette disposition que dans l'autre, j'ai choisi pour exemple la plus simple des deux.

produite par sa lunette, eût été parfaite quant à la forme.

Mais il est aisé de prouver, que dans la lunette de Dollond, il est impossible que la lumière qui tombe sur les plans diversement inclinés que lui présente le segment convexe, et qui tend dès lors à converger sur autant de plans qu'il y a d'inclinaisons différentes, soit ramenée par le segment concave du *flint glass* sur un seul et même plan.

Le rayon ne parvient au cristal concave qu'après avoir traversé un verre bi-convexe qui a une certaine épaisseur, et dont l'épaisseur est plus grande vers le milieu que vers les bords. Si ce rayon traversait le verre perpendiculairement, il tomberait sur un plan du cristal concave, qui pourrait être correspondant au plan du verre convexe; mais la refraction est cause que le rayon traverse obliquement l'épaisseur du verre convexe; le plan du concave sur lequel ce rayon tombe, est donc toujours plus voisin de l'axe commun des deux verres et conséquemment moins incliné que le plan du verre convexe qui a déterminé le degré de déviation.

Les rayons qui tombent vers le milieu du convexe, le traversent par une ligne moins oblique; mais ils sont obligés de traverser le verre dans une plus grande épaisseur; épaisseur qui croît dans un autre rapport que l'obliquité du cristal concave, parce que dans les lunettes de Dollond le segment convexe, sur lequel tombent d'abord les rayons, appartient à une plus petite sphère que le segment opposé.

Dollond n'est donc pas parvenu à détruire complettement l'aberration de *sphéricité;* il est seulement

parvenu à rapprocher les divers plans sur lesquels se trouvent les points de croisement.

L'aberration de *réfrangibilité* est encore moins complettement détruite.

Tout rayon blanc qui subit une réfraction est toujours plus ou moins coloré. Pour pouvoir lui rendre sa blancheur au moment où il forme l'image, il faudrait que toutes les couleurs de ce rayon, fussent ramenées sur le même point mathématique ; et la chose est impossible dans l'appareil de Dollond.

A l'instant où le rayon sort du verre convexe, il est déjà coloré. Le violet, plus réfrangible que le rouge, étant plus dévié, tombe vers l'intérieur du concave ; le rouge moins réfrangible, tombe, au contraire, plus près du bord extérieur du concave. Il arrrive dès lors que l'effet produit par le concave est plus considérable sur le rouge que sur le violet ; et cependant, le violet comme le plus dévié, était celui des deux rayons qui avait le plus grand besoin de correction.

Dollond n'a donc pas détruit la coloration ; il l'a seulement rendue insensible, en l'éloignant des bords de l'image, et en forçant les couleurs de se rapprocher, de se croiser, et de se confondre dans la masse générale.

Dollond a fait tout ce qu'il était possible à l'homme de faire.

Il n'existe dans l'univers qu'une seule lunette qui forme des images regulières et sans coloration ; cette lunette est l'œil.

De l'œil.

333. On prouve par une expérience très-facile à répéter, que l'œil est une véritable lunette qui a son objectif et son foyer, et qui forme à ce foyer l'image des objets extérieurs.

Si dans une chambre obscure on place au trou d'un volet l'œil d'un bœuf récemment tué, après avoir eu la précaution d'enlever une portion de la membrane opaque qui se trouve au fond de cet œil, on aperçoit les petits tableaux qui se peignent sur la membrane interne et demie-transparente qui touchait celle qu'on a enlevée.

Je vais tâcher de rendre sensible la manière dont la nature a opéré, pour parvenir à former cette précieuse lunette.

Le cerveau est composé d'une moelle recouverte par une membrane délicate et noirâtre qu'on appelle *pie-mère*; au-dessus de cette membrane, il s'en trouve une seconde plus grossière et blanchâtre, qu'on appelle *dure-mère*.

Le nerf qui doit porter au cerveau la sensation de la vue et qu'on appelle *nerf optique*, a sa racine dans le cerveau dont il est en quelque sorte une prolongation, car il est, comme le cerveau, composé d'une moelle intérieure recouverte d'abord par la pie-mère et ensuite par la dure-mère.

Lorsqu'il est arrivé à la cavité osseuse qui forme le fond de *l'orbite de l'œil*, il s'épanouit entièrement et devient lui-même le globe de l'œil.

La dure-mère, en s'épanouissant, devient une sphère qui remplit toute la capacité de l'orbite, et qui, pour être plus saillante et plus propre à recevoir la lumière, forme en

dehors un segment de sphère d'un diamètre plus petit que le diamètre de la partie de la sphère qui est au fond de l'œil.

La dure-mère qui est épaisse et opaque au fond de l'œil, s'amincit et devient diaphane dans la partie antérieure ; elle est alors *cornée transparente* ; mais dans le reste de l'œil, elle porte le nom de *cornée opaque* ou *schlérotique*.

La cornée opaque est recouverte extérieurement par une tunique qui y adhère fortement. Cette tunique s'appelle *albugine*, et produit ce qu'on appelle le *blanc de l'œil*.

La pie-mère s'épanouit aussi et forme deux lames ; l'une qui est une véritable membrane, s'applique constamment sur la surface intérieure de la cornée opaque, et l'accompagne jusqu'à l'endroit où la cornée opaque devient cornée transparente. L'autre lame qu'on nomme *choroïde* est un assemblage de nerfs et de vaisseaux qui sortent de la surface interne de la première et qui sont imbibés d'une liqueur noirâtre. Ces nerfs et ces vaisseaux s'ouvrent en partie, et forment un tissu velouté auquel on a donné le nom de *tunique de Ruisch*.

Vers l'endroit où la cornée devient transparente, la choroïde se détache et se subdivise et deux lames. Celle qui est antérieure produit la partie colorée de l'œil à laquelle on a donné le nom d'*iris* ou *uvée* ; la lame postérieure de la choroïde qu'on nomme *couronne ciliaire*, est plissée et composée de feuillets oblongs.

L'iris qui est percée par le trou qu'on appelle *prunelle* ou *pupille* est un assemblage de fibres musculaires, les unes orbiculaires dont les fonctions sont de retrécir la prunelle

lorsque la lumière est trop vive, et les autres disposées en rayon, dont les fonctions sont d'ouvrir la prunelle quand la lumière est trop faible.

Quant à la couronne ciliaire, ses plis et ses feuillets oblongs lui servent à enchasser un petit corps solide et transparent qu'on appelle *cristallin* et que la couronne ciliaire retient vis-à-vis et à quelque distance de la prunelle.

Le cristallin a la forme d'une lentille, mais cette lentille est formée de deux segmens de sphère. Le segment antérieur appartient à une plus grande sphère, et le segment intérieur à une plus petite sphère.

La moelle du nerf optique s'épanouit enfin et forme une membrane blanche et très-mince qui s'applique sur la choroïde, et qu'on appelle *rétine*. La rétine est la toile sur laquelle doivent se peindre les images qui seront formées par la lunette.

L'espace compris entre la cornée transparente et le cristallin est rempli d'une eau qu'on appelle *humeur aqueuse*. Dans la chambre qui renferme cette eau, l'iris forme une cloison ; mais comme cette cloison est percée, elle n'interrompt pas la continuité de l'eau.

Entre le cristallin et le fond de l'œil, il se trouve un espace beaucoup plus grand, et cet espace est entièrement rempli par une gelée transparente que l'on appelle *humeur vitrée*. La partie postérieure du cristallin est enchatonnée dans la partie antérieure de l'humeur vitrée.

L'appareil de cette lunette acromatique pourra paraître un peu compliqué ; mais il s'agissait de résoudre le plus difficile de tous les problèmes d'optique, celui de faire retomber sur le même point les couleurs inégalement dé-

veloppées que l'obliquité de l'incidence doit nécessairement produire au moment où les réfractions s'opèrent ; et avant d'avoir le droit de critiquer cet appareil, il faudrait que les géomètres fussent parvenus à construire avec des moyens plus simples une lunette acromatique aussi parfaite.

La nature prévoyante nous en a donné deux, afin qu'en cas d'accident, il nous restât une ressource.

Les deux lunettes sont parfaitement semblables, et les deux sensations que nous recevons à-la-fois, sont tellement conformes, que les deux images ne forment qu'une seule et même sensation.

La même concordance se trouve dans les petites cordes attachées sur le bord extérieur de la cornée opaque ; cordes qui répondent à autant de muscles dont chacun a sa fonction. Ce n'est qu'à l'aide de cette concordance, que nous pouvons braquer à-la-fois nos deux lunettes, vers tous les points de l'espace. S'il nous plaît de ne plus nous en servir, ou de n'en employer qu'une seule, nous faisons jouer d'autres cordes qui servent à lever et à baisser les rideaux que nous appelons *paupières* et qui remplissent aussi la fonction d'étuits préservateurs.

Tous ces mouvemens ne pouvaient s'accomplir sans huile; les *glandes lacrimales* distillent cette huile. Elles sont placées dans un angle, de manière à ne pas pouvoir gêner la vue; l'huile ne se répand point avec plus d'abondance dans une partie que dans une autre, parce que les glandes la versent dans un magasin placé entre la paupière et sa *doublure intérieure* : cette doublure criblée d'une multitude de petits trous égaux est un arrosoir perpétuel.

Les images se forment au fond de l'œil par des points très-rapprochés les uns des autres, et dont le nombre est aussi grand que celui des points de l'objet que nous regardons. Chacun des points de cet objet nous envoye un cône de lumière, et il n'y a d'utile dans ce cône que la partie de sa base, qui correspond au trou de la pupille. La base utile de ce cône, composée d'une infinité de rayons divergens, entre dans la pupille après avoir traversé d'abord la cornée transparente qui est douée d'un pouvoir réfringent particulier, et ensuite l'eau qui est renfermée dans la chambre antérieure et qui a aussi son pouvoir réfringent. Elle continue sa marche à travers l'eau de la chambre postérieure, et tombe sur le cristallin, dont le pouvoir réfringent est plus grand que celui des milieux précédens. La base du cône traverse le cristallin, et en sort par un segment de sphère plus convexe que le segment antérieur, et qui conséquemment réfracte davantage la lumière.

Les rayons de la base du cône ne divergent plus alors. Ils se sont rapprochés de leur axe, et le cône divergent a été remplacé par un cône convergent. Les rayons continuent leur route, en se rapprochant toujours de l'axe du cône, et forment enfin une pointe qui tombe précisément sur la toile de la rétine, et y peint l'image du point d'où ils sont partis. Mais si l'humeur vitrée n'existait pas, ils se seraient croisés beaucoup plus tôt; et le seul pouvoir de ce nouveau milieu, paraît être de diminuer l'effet des réfractions précédentes et d'allonger suffisamment le cône, pour qu'il ne forme sa pointe qu'au moment où il tombe sur la rétine.

Pour que l'image de l'objet entier puisse se former,

L'œil ne peut distinguer que les objets d'une grandeur médiocre, et ne les distingue clairement que lorsqu'ils sont à une médiocre distance. Si le sens de la vue eût été plus parfait, la beauté aurait perdu ses droits et le but de la création aurait été manqué.

FIN DU TROISIÈME VOLUME.

EXPLICATION RAISONNÉE

DES FIGURES.

La figure 1 représente l'un des milliers de jets qui s'élèvent de la surface des corps solides électrisés positivement.

Le calorique électrique, comprimé d'une manière inégale par l'air environnant, s'élance perpétuellement à travers les portions de cet air où la puissance comprimante se trouve être la moindre. Les jets, en partant, n'ont qu'un petit diamètre, et leur rapidité leur permet de traverser facilement les corps légers ; mais cette même rapidité, qui augmente la résistance du calorique de l'air, détermine leur divergence ; la continuité de la divergence convertit les jets en gerbes rétrogrades, et le calorique électrique retombe sur la surface du conducteur, entraînant avec lui l'air qu'il traverse, et les corps assez légers pour être eux-mêmes entraînés par le mouvement de l'air.

La figure 2 représente deux aimans poussés l'un vers l'autre par l'affluence de deux courans magnétiques, l'un nord et l'autre sud. L'un de ces courans, le courant nord par exemple, figuré par des lignes pleines, se précipite en convergeant vers l'aimant placé à droite, s'y accélère, traverse l'aimant placé à gauche, en sort, et la résistance

du calorique de l'air environnant convertit le jet sortant en une gerbe rétrograde. Le même effet a lieu pour l'aimant placé à gauche. Le courant sud, figuré par des lignes pointées, entre en convergent dans le pôle sud de cet aimant, s'y accélère, le traverse, pénètre sans résistance dans le pôle sud de l'aimant opposé, et après en être sorti par le pôle nord, il forme une gerbe rétrograde. L'action opposée des deux courans affluens pousse, dans ce cas, les deux aimans l'un vers l'autre, et l'action rétrograde des deux gerbes les entraîne dans le sens de l'impulsion qu'ils ont reçue.

Le même effet aura lieu si l'on retourne les deux aimans bout pour bout, avec cette seule différence que le courant nord remplacera alors le courant sud, et réciproquement.

Mais, si l'on retournait seulement l'un des deux aimans, celui de la droite, par exemple, il en résulterait une répulsion, et les deux aimans s'écarteraient l'un de l'autre.

On conçoit, en effet, que, dans ce cas, les deux courans affluens seront tous deux des courans sud qui ne pourraient pénétrer dans les aimans opposés qu'en prenant la place des deux courans nord, ce qui est impossible, et qui, dès lors, trouveront dans les deux aimans opposés un obstacle réel à la continuation de leur mouvement translatif. Les deux courans sud repousseront donc, avec une puissance proportionnelle à leur accélération, l'aimant qui se trouvera dans leur direction. Ce second aimant sera repoussé avec une force plus grande que celle qui entraîne vers lui le premier aimant; et la différence de ces deux forces constituera le degré de la force répulsive qui se trouvera augmentée de la différence qui existe entre la

force d'impulsion résultante de l'affluence des deux courans nord dans les deux pôles nord, et la force entraînante résultante des deux gerbes rétrogrades produites par ces deux mêmes courans nord.

La figure 3 représente un cylindre à bains brûlant à flamme renversée, et convertissant la vapeur nuisible du charbon en eau et en acide carbonique.

L'instrument est composé d'un cylindre de cuivre étamé en dehors, pourvu de deux anses, et lesté par un galet de fonte attaché au fond. On a posé sur le galet un gril de fonte en trépied, et on a ajusté sur ce gril un tuyau de fonte de même hauteur que le cylindre. On a eu soin, en faisant éprendre une forte pelletée de charbon, de faire chauffer médiocrement le gril et le tuyau de fonte, et on les a placés chauds dans le cylindre; on a porté le cylindre dans l'eau de la baignoire; on a réparti le charbon allumé sur le gril, et on a rempli le cylindre de charbon froid; on a posé le couvercle, et à travers le trou du couvercle, on a introduit un tuyau de tôle qui embrasse le tuyau de fonte et s'appuie sur une portée.

Lorsque l'eau est chaude, on enlève le tuyau de poële; on bouche, à l'aide d'un petit couvercle, le trou du grand couvercle, et l'on n'ôte de l'eau le cylindre que lorsqu'il est suffisamment refroidi.

Proportions. Hauteur du cylindre, 20 pouces; diamètre, 10 pouces; gallet de même diamètre; épaisseur, 10 lignes; gril de fer fondu d'une seule pièce, diamètre, 8 pouces; épaisseur de la fonte, 6 lignes; jour entre les grils, autant de vide que de plein; hauteur des pieds du gril, 18 lignes au-dessous des barreaux; diamètre du trou

du milieu, 4 pouces; hauteur de la buse en contrebas, 6 lignes; largeur du cercle du pourtour, 8 lignes; diamètre intérieur du tuyau de fonte, 3 pouces; épaisseur de ses parois, 6 lignes; saillie des deux anneaux qui servent de portée, 6 lignes; diamètre du trou du couvercle, 5 pouces; diamètre du tuyau de poële, 4 pouces; hauteur, 4 ou 5 pieds.

La figure 4 représente la coupe verticale, dans sa longueur et dans sa largeur, d'une boîte de fonte destinée à consumer, dans le foyer d'un poële, la fumée de tous les combustibles.

Cette boîte, dont la largeur est la même que celle de l'ouverture de la porte du poële, et dont la longueur est moindre de deux ou trois pouces que la profondeur du foyer, est entièrement ouverte dans sa partie antérieure et dans sa partie inférieure; elle est composée d'un plafond, de deux cloisons latérales en retour d'équerre, et d'une cloison de fond, également en retour d'équerre, plus courte de trois pouces que les cloisons latérales.

La longueur de la boîte détermine celle du bois dont on doit faire usage. Il est indispensable de porter d'abord dans le fond du foyer la braise ou autre combustible qui doit servir à allumer le feu, et de laisser la grande porte ouverte jusqu'à ce que le feu soit bien allumé.

L'évent ou petite porte du poële doit être placée vers le haut de la grande porte, comme on le voit dans la figure 5.

Cette dernière figure, relative au *condensateur*, représente la coupe d'une maison à un étage.

Au rez-de-chaussée, on voit un poële qui aboutit à un tuyau de cheminée. La cheminée peut se fermer par le haut. Aussitôt que le poële est bien allumé, on ferme l'ouverture supérieure de la cheminée, et la fumée, ou la vapeur si le poële est fumivore, sera forcée d'entrer dans un embranchement qui la conduira, à l'aide d'une cheminée descendante, jusqu'au ras du pavé de la rue, et elle sortira par une petite voûte.

Du côté opposé à la petite voûte, se trouve la bouche d'un tuyau de deux ou trois pouces de diamètre, qui, à l'aide d'un coude, monte isolément dans l'intérieur de la cheminée, et verse de l'air chaud dans l'appartement de l'étage supérieur.

J'ai indiqué les précautions qu'il fallait prendre pour que cet appareil ne présentât aucun inconvénient.

Si l'on ne voulait pas que la fumée sortît au ras du pavé, on supprimerait la petite voûte, en y laissant toutefois une dalle pour l'écoulement de l'eau, et l'on donnerait à l'intérieur de la cheminée assez de largeur pour pouvoir, à l'aide d'une cloison qui descendrait jusqu'à deux ou trois pouces du pavé, ménager à la fumée un passage, dans l'intérieur duquel elle remonterait jusqu'à l'endroit où elle trouverait une issue au dehors.

FIN DE L'EXPLICATION DES FIGURES.

TABLE

DES

CHAPITRES DU TROISIÈME VOLUME.

PAG.

1. *De la conversion des eaux diluviennes en eaux salées, et des propriétés singulières de l'eau de la mer.* Son amertume. Sa viscosité. Sa luminosité. Son acidité. Cause de ces phénomènes. — Hypothèse sur la formation du sel marin, supposé *muriate de soude.*

35. *Des phénomènes électriques.*

36. *De l'électricité par frottement.* Attraction. — Répulsion. — Pointes. — Bouteille de Leyde. — Choc en retour. — Electrophore. — Condensateur. — Electricité dans le vide, et dans différens gaz, etc.

84. *Découverte du fluide galvanique.*

87. *De la pile voltaïque.* Découvertes chimiques auxquelles elle a donné lieu. Diverses sortes de piles. — Appareil voltaïque de la maison royale d'institution de Londres. — Ses terribles effets. — Théorie relative aux conducteurs humides et salés, etc.

117. *De l'électricité animale.* Existence du fluide nerveux.

119. *De l'électricité de la grenouille.* Force considérable de ses muscles relativement à sa grosseur. — Expérience de Galvani sur le fluide nerveux des grenouilles. — Expériences nouvelles d'Aldini.

122. *De l'électricité de la Torpille.* Expérience de Walsh. Manifestation de l'électricité de la torpille. — Organe particulier à ces animaux.

126. *De l'électricité de l'homme ou du magnétisme animal.* Mesmer. — Théorie nouvelle. — Expérience proposée.

136. *De l'électricité minérale.* La tourmaline. — Opinion de M. Haüy. — Opinion de l'auteur.

143. *De l'électricité de la lune.* Observations de M. Schroetter. — Traces de lumière. — Aigrettes lumineuses.

145. *De l'électricité aérienne.* Théorie nouvelle.

151. *De la rosée.* Explication. — Expériences et observations.

155. *Des brouillards.* Hypothèse erronée de quelques physiciens sur les molécules du brouillard.

157. *Des nuages et de la pluie.* Quantité de l'eau qui tombe année commune dans différens pays.

159. *De la neige.* Cause de l'opacité de la neige.

160. *De la grêle et des pluies d'orage.* Influence de l'électricité sur ces deux phénomènes.

161. *De la foudre.* Théorie sur la formation des nuages électriques. — Paratonnerres. — Eclairs sans tonnerre.

167. *Des éclairs de chaleur.* Produits par un orage éloigné.

Id. *Des trombes terrestres.* Leur cause. — Opinion de Buffon.

162. *Des trombes marines ou typhons.* Relation de Legentil et de Thévenot. — Explication du phénomène.

177. *Des phénomènes magnétiques.* Origine du fluide magnétique. — Table des accroissemens de la déclinaison de l'aiguille aimantée vers l'ouest. — Explication de la déviation diurne et annuelle, et de tous les phénomènes magnétiques. — Perturbations que les laves produisent sur l'aiguille aimantée.

203. *Des phénomènes calorifiques.*

Id. *De la cause de la chaleur.*

205. *Du calorique rayonnant.* Le calorique ne rayonne point.

213. *De la chaleur produite par la percussion, la compression et le frottement.* Explication. Expérience proposée.

215. *Des pyrophores et des corps fulminans.*

217. *De la combustion complète ou de l'économie des combustibles.* Appareils propres à brûler la fumée.

— Lampe d'Argant et Lange. — Poëles et cheminées fumivores. Application du condensateur aux poëles des peuples du Nord.

230. *Des tremblemens de terre et des volcans.* Tremblement de terre de 1755. — Volcans éteint. — Bazalte. — L'Etna. — Le Vésuve. — Lettres de Pline le jeune. — Le père Della-Torre. — Nature de la lave. — — Imitation d'un volcan par Lémery. — Théorie des volcans. — Explication des phénomènes observés.

298. *De la formation des minéraux.*

304. *Des pierres.*

310. *Des eaux thermales.*

311. *Des eaux minérales.*

314. *Du sel gemme.*

315. *Du natron.*

318. *De l'or.*

322. *Des métaux minéralisés.*

325. *Des bitumes.* L'ambre. — Le pétrole. — L'asphalte. — Le jais. — Le charbon de terre.

340. *Des pierres précieuses.* Le diamant, le saphir, etc. — Le cristal de roche.

344. *Des aérostats.* Lana. — Blanchard. — Montgolfier. — M. Charles. — Utilisation des ballons aérostatiques. — Cause de l'augmentation de pesanteur du gaz hydrogène. — Expérience à faire.

367. *Des phénomènes lumineux.*

Id. Du débrûlement des corps.

368. *De la viscosité des corps.*

370. *De la phosphorescence des corps.* Bois pourri. — Chair des animaux. — Eau comprimée. — Phosphorescence par l'électricité, par l'exposition aux rayons du soleil. — Insectes luisans.

373. *De la réfraction.* Elle est due à la gravitation de la lumière. — Pouvoir réfringent de différens corps.

378. *De la réflexion.* Elle résulte d'une courbe que décrit la lumière en traversant le calorique.

387. *Des couleurs.* Elles dépendent de l'épaisseur des lames qui en transmettent la sensation.

404. *Couleurs accidentelles*. Elles sont le résultat de la continuité de l'ébranlement du nerf optique.

406. *De quelques inventions propres à augmenter ou à modifier l'action de la lumière.*

407. *Des lunettes-bezicles.* Leur inventeur. — Presbytie. — — Myopie.

410. *Des lunettes astronomiques.* Zacharie Hansen. — Galilée. — Huyghens.

412. *Du microscope.*

413. *Des télescopes de réflexion.* Mersenne. — Newton. Gregorie. — Cassegrain. — Lemaire.

416. *Des télescopes de M. Herschell.*

417. *Des lunettes achromatiques.* Dollond. — Théorie de *l'achromatisme.*

425. *De l'œil.* — Description de cet organe.

433. *Explication des figures* relatives de l'électricité à l'aimant et à l'économie des combustibles.

FIN DE LA TABLE DES CHAPITRES.

Fig. 2.

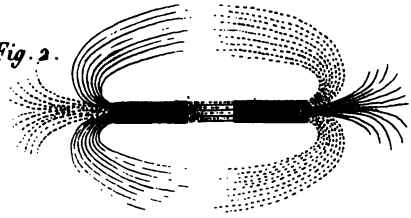


Fig. 1.

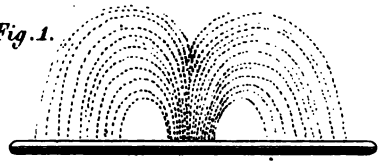
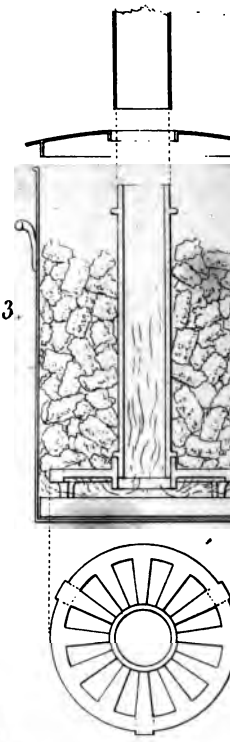


Fig. 3.



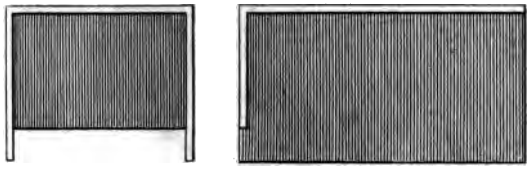


Fig. 4.

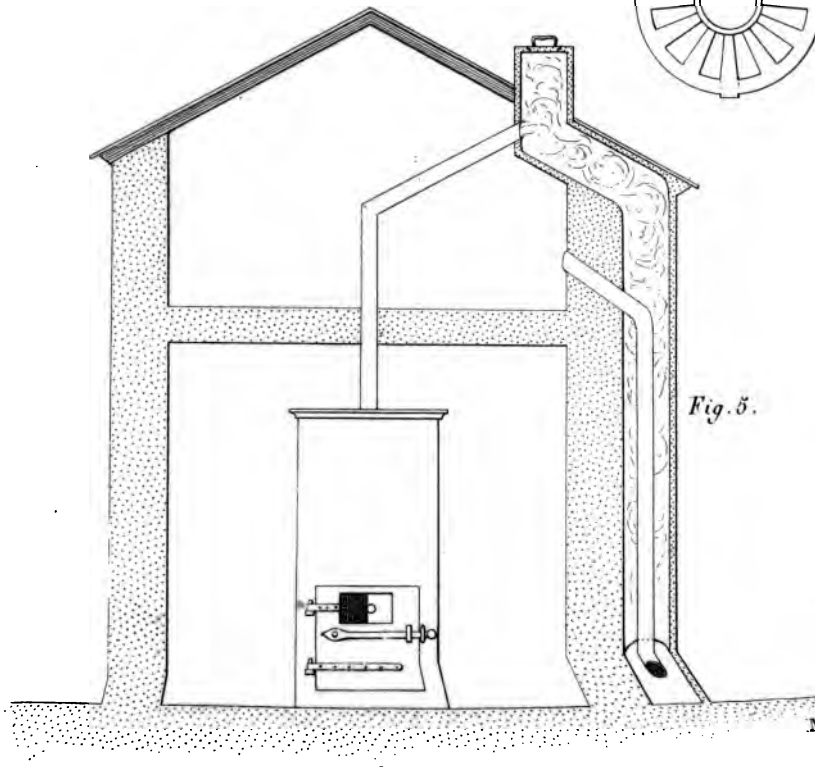
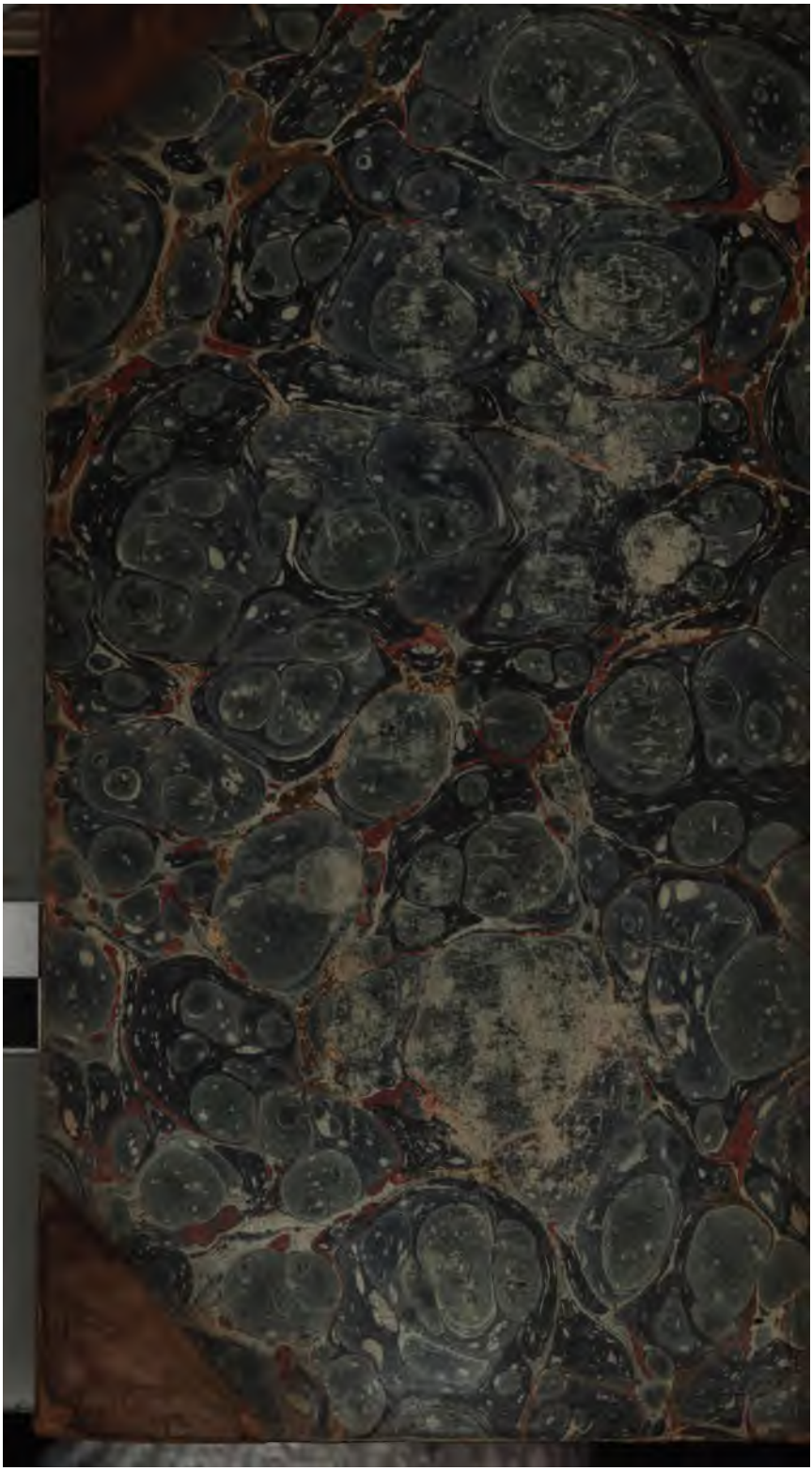



Fig. 5.